

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関
国際事務局



(43)国際公開日
2002年11月28日 (28.11.2002)

PCT

(10)国際公開番号
WO 02/095923 A1

(51)国際特許分類:

H02P 5/00

(71)出願人/米国を除く全ての指定国について: 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]: 〒571-8501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).

(21)国際出願番号:

PCT/JP02/04836

(22)国際出願日:

2002年5月20日 (20.05.2002)

(72)発明者: および

(25)国際出願の言語:

日本語

(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 植田光男 (HIDETADA,Mitsuo) [JP/JP]: 〒663-8171 兵庫県西宮市甲子園一番町1-3-503 Hyogo (JP). 吉岡包晴 (YOSHIOKA,Kaneharu) [JP/JP]: 〒576-0052 大阪府交野市私部1-1-1-6 Osaka (JP).

(26)国際公開の言語:

日本語

(30)優先権データ:

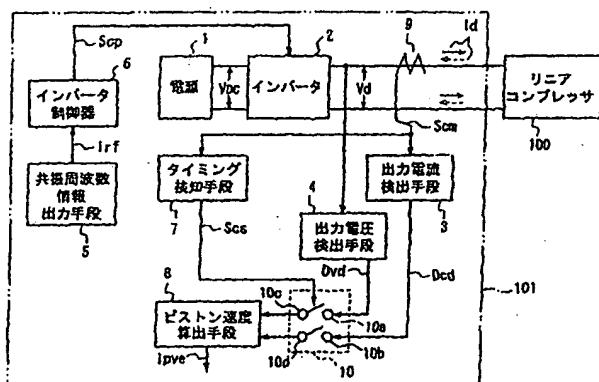
特願2001-149777 2001年5月18日 (18.05.2001) JP

(74)代理人: 早瀬兼一 (HAYASE,Keiichi) 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原3丁目4番30号ニッセイ新大阪ビル13階 早瀬特許事務所 Osaka (JP).

(続葉有)

(54)Title: LINEAR COMPRESSOR DRIVE DEVICE

(54)発明の名称: リニアコンプレッサ駆動装置



- 1...POWER SUPPLY
- 2...INVERTER
- 3...OUTPUT CURRENT DETECTING MEANS
- 4...OUTPUT VOLTAGE DETECTING MEANS
- 5...RESONANCE FREQUENCY INFORMATION OUTPUTTING MEANS
- 6...INVERTER CONTROLLER
- 7...TIMEING DETECTING MEANS
- 8...PISTON SPEED CALCULATING MEANS
- 100...LINEAR COMPRESSOR

(57)Abstract: A linear compressor drive device (101) comprising an inverter (2) for supplying a drive current of a specified frequency to a linear compressor (100), wherein an inverter controller (6) is provided to control the inverter (2) so that the frequency of an output current therefrom is a resonance frequency based on resonance frequency information and to measure the instantaneous values of the output current Id and output voltage Vd of the inverter (2) at a phase timing that renders zero a change in the output current Id of the inverter (2) to thereby calculate a piston stroke from the measured values. Such a linear compressor drive device (101) can detect accurately the piston stroke and top clearance of a linear compressor by a simple processing without using a position sensor.

(続葉有)

WO 02/095923 A1

(81) 指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, IIR, HU,
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ,
OM, PI, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SI, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
特許(AE, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GH, GR, IE, IT,
LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許(BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 國際調査報告書

(84) 指定国(広域): ARIPO 特許(GH, OM, KE, LS, MW,
MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特
2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイド」を参照。

(57) 要約:

この発明に係るリニアコンプレッサ駆動装置(101)は、リニアコンプレッサ(100)に所定の周波数の駆動電流を供給するインバータ(2)を備えたリニアコンプレッサ駆動装置において、共振周波数情報に基づいて、上記インバータ(2)をその出力電流の周波数が共振周波数となるよう制御するインバータ制御器(6)を備え、インバータ(2)の出力電流 I_d の変化量がゼロとなる位相タイミングで、インバータ(2)の出力電流 I_d 及び出力電圧 V_d の瞬時値を測定し、これらの測定値からピストンストロークを算出するようにしたものである。このようなリニアコンプレッサ駆動装置(101)では、位置センサを用いずに、簡単な演算処理により、リニアコンプレッサのピストンのストロークとトップクリアランスを精度よく検知可能となる。

明細書

リニアコンプレッサ駆動装置

5 技術分野

本発明は、リニアコンプレッサ駆動装置に関し、ピストンをリニアモータにより往復運動させてシリンダ内部で圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサを駆動する装置に関するものである。

10 背景技術

従来から、圧縮ガスを生成する装置として機械的な弾性部材又は気体の弾性を利用したリニアコンプレッサが知られている。

第7図は、従来のリニアコンプレッサを説明するための断面図であり、弾性部材としてバネを用いたリニアコンプレッサの構造を具体的に示している。

15 リニアコンプレッサ100は、隣接するシリンダ部71a及びモータ部71bからなる筐体71を有している。この筐体71のシリンダ部71aは該リニアコンプレッサの円筒状シリンダを形成しており、該シリンダ部71a内には、ピストン72が該シリンダの中心軸と平行な方向(ピストン軸線方向)に沿って摺動自在に設けられている。

20 上記筐体71内の該ピストン72の背面側には、ピストンロッド72aが該シリンダ部71a及びモータ部71bに跨って配置されており、該ピストンロッド72aの一端はピストン72に固定されている。さらに、このピストンロッド72aの他端と、これに対向するモータ部71bの内壁面71b1との間には、ピストンを支持する支持バネ(共振バネ)81が配置されている。ここで、この支持バネ81は、該ピストン72がピストン中立位置(ピストン基準位置)から変位したとき変形し、該ピストン72が上記ピストン基準位置に戻るよう該ピスト

25 ン72を付勢するものである。また、上記ピストン中立位置は、支持バネ81が変形しないピストン位置であり、ピストン72が上記ピストン中立位置に位置している状態では、ピストン72に対する支持バネ82の付勢力は発生しない。

また、上記ピストンロッド72aの、上記モータ部71b内に位置する部分には、マグネット73が取り付けられており、上記モータ部71b内壁の、マグネット73に対向する部分には、アウターヨーク74aとこれに埋設されたステータコイル74bとからなる電磁石74が取り付けられている。

5 そして、上記電磁石74と上記マグネット73によりリニアモータ82が構成されている。つまり、上記リニアコンプレッサ100は、そのリニアモータ82の駆動力、つまり該電磁石74とマグネット73との間で発生する電磁力と、上記支持ばね81の弾性力とにより、上記ピストン72がその軸線方向に沿って往復運動するものである。

10 一方、上記筐体71内のシリンダヘッド側には、シリンダ上部内面75、ピストン圧縮面72b、及びシリング周壁面77により囲まれた密閉空間である圧縮室76が形成されている。シリング上部内面75には、上記圧縮室76に低圧冷媒ガスを吸入するための冷媒吸入管1aの一端が開口しており、さらに上記シリンダ上部内面75には、上記圧縮室76から高圧冷媒ガスを吐き出すための冷媒吐出管1bの一端が開口している。上記冷媒吸入管1a及び冷媒吐出管1bには、冷媒ガスの逆流を防止する吸入弁79及び吐出弁80が取り付けられている。

15 このような構造を有するリニアコンプレッサ100では、モータドライバ(図示せず)からリニアモータ82への駆動電流の断続的な通電により、ピストン72がその軸線方向に往復動し、圧縮室76への低圧冷媒ガスの吸入、圧縮室76での冷媒ガスの圧縮、及び圧縮された高圧冷媒ガスの圧縮室76からの排出が繰り返し行われる。

20 ところで、上記のようなリニアコンプレッサ100では、上記リニアモータ82に印加する電流あるいは電圧を一定の値に保持していても、リニアコンプレッサ100にかかる負荷の状態が変化すると、ピストン72のストロークが変化する。このため、特に、上記リニアコンプレッサ100を用いた冷凍圧縮機では、25 変化する環境温度に応じた冷媒流量の制御により、冷凍サイクルの熱力学効率が大きく改善されることから、冷媒流量を決定するピストン72のストロークを検知する手段(ピストンストローク検知手段)が必要となる。

また、リニアコンプレッサ100では、構造上、ピストン先端部がシリンダ上

面に衝突する危険性がある。

つまり、ピストン72は、上記リニアモータ82のピストン駆動力や上記支持ばね81の弾性力だけでなく、圧縮室76内部の冷媒ガスの圧力とピストン72の背面圧力との差圧による力を受け、ピストン72の往復動の中心位置（以下、

5 ピストン振幅中心位置ともいう。）が、上記差圧がゼロであるときのピストン振幅中心位置、つまり支持バネが変形していないときのピストン位置（ピストン中立位置）に対してオフセットされる。このため、負荷状態の変化によってピストン72に作用する圧縮室76の内部圧力が増減すると、ピストン72のストロークだけでなくピストン72の往復動の中心位置が変化する。

10 そこで、ピストンとシリングの衝突を回避するためには、上記ストローク検知手段だけでなく、ピストン先端部とシリングヘッド内面との間の距離を検知する位置検知手段が必要不可欠である。例えば、衝突回避手段を持たないリニアコンプレッサでは、ピストン先端部がシリングヘッド内面に打ち付けられ、不快な雑音が発生したり、ピストンあるいはシリングが損傷したりすることがある。

15 上記のような位置検知手段としては、リニアコンプレッサ100におけるピストンなどの可動部材と非接触で、ピストン中立位置などのピストン基準位置に対するピストンの変位の程度（ピストン変位量）を検出可能なセンサ、例えば、渦電流方式を用いた変位計、差動トランスを用いた変位計などが用いられる。

ところが、このようなセンサを用いると、リニアコンプレッサ100の製造コストが増大するだけでなく、センサを装着するスペースが必要となり、リニアコンプレッサ100の筐体71が大きくなってしまう。また、このようなセンサは、コンプレッサ100内部で高温かつ高圧のガスにさらされた状態で使用されるため、センサ自体の信頼性の問題、言い換えると、このようなセンサとしては、高温高圧の雰囲気の下で信頼して使用できるものが要求されるという問題も生じる。

20 そこで、ピストン72の位置を検出する方法として、ピストンの位置検出を、リニアコンプレッサ100内部に配置される位置センサにより行うという方法ではなく、リニアコンプレッサ100に供給されるリニアモータの駆動電流及び駆動電圧を直接測定し、その測定値に基づいてピストン72の位置を導出する手法が提案されている（特表平8-508558号公報参照）。

以下、この公報記載の、リニアコンプレッサに用いられるピストン位置検知方法について説明する。

第8図は、リニアコンプレッサのピストンを駆動するリニアモータの等価回路を示す図である。

5 図中、 L はリニアモータを構成する巻線の等価インダクタンス [H] であり、 R は該巻線の等価抵抗 [Ω] である。また、 V はリニアモータに印加される瞬時電圧 [V] であり、 I はリニアコンプレッサに印加される電流 [A] である。 $\alpha \times v$ はリニアモータの駆動により生じる誘導起電圧 [V] であり、 α はリニアモータの推力定数 [N/A]、 v はリニアモータの瞬時速度 [m/s] である。

10 ここで、リニアモータの推力定数 α は、リニアモータに単位電流 [A] を流したときに生じる力 [N] を示している。また、推力定数 α の単位は [N/A] により表しているが、この単位は、[Wb/m]、[V·s/m] と同等である。

第8図に示す等価回路はキルヒホフの法則から導出されるものであり、この等価回路から、リニアモータの瞬時速度 v [m/s] が求められる。

15 つまり、リニアモータの駆動状態では、リニアモータに対する印加電圧 (V) は、リニアモータの巻線の等価抵抗による降下電圧 ($I \times R$) [V] と、該巻線の等価インダクタンスによる降下電圧 ($L \cdot dI/dt$) [V] と、リニアモータの駆動により生じる誘導起電圧 ($\alpha \times v$) [V] との和と釣り合うこととなり、下記の (1) 式が成立する。

20

$$v = \frac{1}{\alpha} \left(V - R \times I - L \frac{dI}{dt} \right) \quad \cdots (1)$$

上記 (1) 式で用いられている係数 α [N/A]、 R [Ω]、 L [H] はモータ固有の定数であり、既知の値となっている。従って、これらの定数と、測定された印加電圧 V [V] 及び印加電流 I [A] から、(1) 式に基づいて、瞬時速度 v [m/s] が求められる。

また、ピストン変位量 (不定の基準位置からピストンまでの距離) x [m] は、下記の (2) 式に示すように、瞬時速度 v [m/s] の時間積分により求められる。なお、(2) 式における定数 Const. は積分開始時のピストン変位量である。

$$x = \int v dt + \text{Const.} \quad \cdots (2)$$

- このように上記公報記載のピストン位置検知方法では、リニアモータに対する印加電圧の測定値 V 及び印加電流の測定値 I に対して、上記（1）式に基づいて微分処理を含む演算処理を施して、ピストンの瞬時速度 v を求め、さらにこの瞬時速度 v に対して、上記（2）式に基づいた積分処理を含む演算処理を施して、ピストン変位量 x を算出することができる。

但し、このように上記（1）式及び（2）式に基づく演算により得られるピストン変位量 x は、ピストン軸線上のある位置を基準とする変位量であり、この変位量 x から直接、シリンダヘッドからピストン上死点位置までの距離を求ることはできない。

つまり、リニアコンプレッサ 100 に負荷がかかっている状態では、ピストン往復運動におけるピストン中心位置（ピストン振幅中心位置）は、冷媒ガスの圧力により、ピストン中立位置（つまり圧縮室内的圧力が背面圧力に等しい場合のピストン振幅中心位置）に対してオフセットされることとなり、ピストンはオフセットされたピストン振幅中心位置を中心として往復動することとなる。言い換えると、（2）式により得られるピストン変位量 x は平均成分を含むものとなる。

ところが、実際のアナログ積分器またはデジタル積分器はすべて、定数または DC 入力に対して完全な応答信号を出力する理想的な積分処理を行うものではなく、DC 入力に対する応答を制限したものとなっているため、実際の積分器では、上記ピストン変位量 x に対してその平均成分を反映した積分演算処理を施すことができない。なお、このように実際の積分器を DC 応答を制限したものとしているのは、人力信号における避けることのできない DC 成分によってその出力が飽和するのを回避するためである。

この結果、実際の積分器による上記（2）式に基づく積分処理により求められるピストン変位量 x [m] は、この変位量から、ピストンとシリンダヘッドとの間の実際の距離を直接求めることができるものではなく、単に、ピストン軸線上のある地点を基準としたピストン位置を示すものである。

このため、(2)式から得られるピストン変位量 x [m] は、ピストン振幅中心位置に対するピストン位置を示すピストン変位量 x' に変換され、さらにこの変換されたピストン変位量 x' を用いて、ピストン振動中心位置を示す、シリンドラヘッドを基準とするピストン変位量 x'' を求める演算処理が行われる。

5 以下、これらの演算処理について詳述する。

第9図は、上記シリンドラ内でのピストン位置を模式的に示す図である。

まず、第9図に示される3つの座標系、つまり第1の座標系X、第2の座標系X'、第3の座標系X''について簡単に説明する。

10 第1の座標系Xは、上記ピストン変位量 x を表す座標系であり、ピストン軸線上的ある地点 P_{av} を原点 ($x=0$) としている。従って、変位量 x の絶対値は、上記地点 P_{av} からピストン先端位置Pまでの距離を示す。

15 第2の座標系X'は、上記ピストン変位量 x' を表す座標系であり、ピストン振幅中心位置 P_{av} を原点 ($x'=0$) としている。従って、変位量 x' の絶対値は、該振動中心位置 P_{av} からピストン先端位置Pまでの距離を表す。

20 第3の座標系X''は、上記ピストン変位量 x'' を表す座標系であり、ピストン軸線上のシリンドラヘッドの位置 P_{sh} を原点 ($x''=0$) としている。従って、変位量 x'' の絶対値は、シリンドラヘッド位置 P_{sh} からピストン先端位置Pまでの距離を表す。

次に、ピストン変位量 x'' を求める演算について説明する。

25 最もピストンがシリンドラヘッド75に近づいたときのピストン位置(ピストン上死点位置) P_{td} は、上記第1の座標系X上では変位量 x_{td} により示され、最もピストンがシリンドラヘッドから遠ざかったときのピストン位置(ピストン下死点位置) P_{bd} は、上記第1の座標系X上では、変位量 x_{td} より示される。そして、上記第1の座標系X上での、ピストン上死点位置 P_{td} に相当する変位量 x_{td} と、上記第1の座標系X上での、ピストン下死点位置 P_{bd} に相当する変位量 x_{bd} との差から、ピストンストローク L_{ps} [m] が求められる。

また、ピストンが往復動している状態でのピストン振幅中心位置 P_{av} は、最もピストンがシリンドラヘッドに近づいたときのピストン位置(ピストン上死点位置) P_{td} の変位量 x_{td} から、ピストンストローク L_{ps} [m] の半分の長さ ($L_{ps}/2$)

だけシリングヘッドから遠ざかった位置である。従って、ピストン振幅中心位置 P_{av} は、上記第 1 の座標系 X 上では、変位量 x_{av} ($= (x_{bd} - x_{td}) / 2$) により示される。

さらに、(2) 式の定数 Const. を 0 とすることにより、ピストン振幅中心位置 P_{av} を基準 (原点) として、言い換えると第 2 の座標系 X' 上にて、ピストン位置 P をピストン変位量 x' [m] により示す新たな関数が導出される。

続いて、シリングヘッド位置 P_{sh} を原点とする第 3 の座標系 X'' にて、ピストン振幅中心位置を示すピストン変位量 x'' を求める方法について説明する。

リニアコンプレッサ 100 が冷媒ガスを吸入している状態 (吸入状態) では、
つまり、吸入弁が開いている状態では、圧縮室内部の圧力とピストン背面の圧力
とは共に冷媒の吸入圧となって等しくなる。これは、リニアコンプレッサ 100
が、吸入弁が開いた状態では差分圧が 0 となる構造となっているためである。こ
の状態では、冷媒ガスの圧力がピストンに作用する力を無視することができる。
つまりこの状態では、ピストンに作用する力は、支持バネ 8 1 がたわむことによ
り生じるバネの反発力と、リニアモータに電流を流すことにより生じる電磁力の
みである。ニュートンの力学運動法則より、これらの力の和は、運動を行っている可動部材の全質量とその加速度の積に等しくなる。

従って、この状態では、可動部材に関する運動方程式として下記の (3) 式が成立する。

20

$$m \times a = \alpha \times l - k(x' + x_{av} - x_{ini}) \quad \cdots (3)$$

(3) 式において、 m は往復運動を行っている可動部材の全質量 [kg]、 a は該可動部材の瞬時加速度 [m/s/s]、 k はリニアコンプレッサに組み込まれている支持バネのバネ定数 [N/m] である。また、 x_{av} は、上述した、ピストン振幅中心位置を示す第 3 の座標系 X'' での変位量であり、この変位量 x_{av} は、その絶対値が、シリングヘッド位置 P_{sh} からピストン振動中心位置 P_{av} までの距離を表すものである。さらに、 x_{ini} は、ピストン中立位置 P_{ini} を示す第 3 の座標系 X'' での変位量であり、この変位量 x_{ini} は、その絶対値が、上記ビ

ピストン中立位置（該支持パネが変形していない状態でのピストンの位置） P_{ini} とシリングヘッド位置 P_{sh} との間の距離 [m] を表すものである。

ここで、瞬時加速度 a [m/s/s] は、(1) 式で表される瞬時速度 v [m/s] を微分することによって、下記の(4)式に示すように求めることができ
る。

$$a = \frac{dv}{dt} \quad \cdots (4)$$

また、ピストン振幅中心位置 P_{av} からのピストン先端位置 P までの距離を示す、
10 第2の座標系 X' の変位量 x' [m] は、(2)式の定数Const. を0とすること
により求められる。

さらに、可動部材の全質量 m [kg]、支持パネのパネ定数 k [N/m]、シ
リングヘッド位置 P_{sh} からピストン中立位置 P_{ini} までの距離を表す、第3の座
標系 X'' の変位量 $x_{ini''}$ [m] は既知の値であり、駆動電流 I は測定値を用いる
15 ことができる。

従って、(3)式を用いて、シリングヘッド位置 P_{sh} からピストン振幅中心位
置 P_{av} までの距離を示す、第3の座標系 X'' の変位量 $x_{av''}$ を算出することができ
る。

また、ピストンの上死点位置（ピストンがシリングヘッドに最も近づく位置）
20 P_{td} を示す、第3の座標系 X'' の変位量 $x_{td''}$ [m] は、上記(3)式により
求めた第3の座標系 X'' の変位量 $x_{av''}$ （シリングヘッド位置 P_{sh} からピストン
振幅中心位置 P_{av} までの距離）から、既に求めたピストンストローク長 L_{ps} [m]
の半分 ($L_{ps}/2$) の距離だけシリングヘッド側へ遠ざかった位置の変位量とし
て求められる。

25 このようにして、リニアコンプレッサに印加される電流 I 及び電圧 V からピ
ストンのストローク長 L_{ps} [m] と、ピストン上死点位置 P_{td} を、シリングヘッド
位置 P_{sh} からの距離として示す、第3座標系 X'' の変位量 $x_{td''}$ [m] が算出さ
れる。

しかしながら、上述した従来のリニアコンプレッサ100のピストン位置検知

方法では、ピストン振幅中心位置 P_{av} を基準としてピストン位置 P を相対的に示すピストン変位量 x' を、積分器と微分器を用いて算出するため、高い精度でピストン位置を検知することを望むことはできない。つまり、実際の積分器や微分器は、アナログ回路により構成すると、部品のばらつきや温度による特性の変化などの原因により、デジタル回路により構成すると、サンプルホールドでの情報の欠落などの原因により、理想的な動作を期待できないものである。

また、上記リニアコンプレッサのピストン位置検知を行うための回路を、デジタル回路により構成した場合、位置検知精度を向上させるために、リニアコンプレッサに印加される電流 I 及び電圧 V の測定周期を短縮することも考えらえるが、測定周期を短くすると、それに応じて上記計算周期が短くなつて、デジタル回路での演算負荷が増大することとなる。従つて、測定周期を短縮した場合には、デジタル演算回路を構成するマイコン（マイクロコンピュータ）の性能を高める必要が生じる。

本発明は、上記このような従来の課題を解決するためのなされたもので、リニアコンプレッサの駆動電流及び駆動電圧の測定値に基づいて、これらの測定値を用いた演算処理の負荷を増大させることなく、高い精度でピストンの位置検知を行うことができるリニアコンプレッサ駆動装置を提供することを目的とするものである。

20 発明の開示

この発明（請求の範囲第1項）に係るリニアコンプレッサ駆動装置は、ピストン及びピストンを往復運動させるリニアモータを有し、該ピストンの往復運動により圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサを、該リニアモータに交流電圧を印加して駆動するリニアコンプレッサ駆動装置であつて、上記リニアモータに交流電圧及び交流電流を出力するインバータと、上記ピストン往復運動の共振周波数を示す共振周波数情報を出力する共振周波数情報出力手段と、上記インバータの出力電圧を検出して電圧検出信号を出力する電圧検出手段と、上記インバータの出力電流を検出して電流検出信号を出力する電流検出手段と、上記共振周波数情報をに基づいて、上記インバータを、その出力電圧及び出力電流としてそれぞれ、

内に嵌か上記ピストン往復運動の共振周波数と一致した正弦波状電圧及び正弦波状電流を出力するよう制御するインバータ制御器と、上記インバータの出力電流の微分値がゼロとなる位相タイミングを特定位相タイミングとして検知するタイミング検知手段、上記電圧検出信号及び上記電流検出信号を受け、上記特定位相タイミングにおける、上記インバータの出力電圧及び出力電流のそれぞれ瞬時値に基づいて、上記ピストン往復運動におけるピストン速度の最大振幅を算出するピストン速度算出手段とを備えたものである。

この発明（請求の範囲第2項）は、請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記タイミング検知手段は、上記電流検出信号に基づいて、
10 上記インバータの出力電流の振幅が最大となる位相タイミングを、上記特定位相タイミングとして検知することを特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第3項）は、請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記タイミング検知手段は、上記電流検出信号に基づいて、上記インバータの出力交流電流の位相が、 90° 及び 270° の少なくとも一方
15 の位相となる位相タイミングを、上記特定位相タイミングとして検知することを特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第4項）は、請求の範囲第3項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記インバータに該インバータを駆動制御するインバータ駆動制御信号を出力するインバータ制御器を備え、上記タイミング検知手段を、
20 上記インバータ駆動制御信号の位相に基づいて、上記インバータの出力電流の微分値がゼロとなる位相タイミングを検知するものとしたことを特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第5項）は、請求の範囲第4項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記タイミング検知手段は、上記インバータの出力電流の位相に対する、上記インバータ駆動制御信号の位相の位相ずれ量を検出する位相ずれ量検出器を有し、該位相ずれ量がゼロとなるようその位相が補正されたインバータ駆動制御信号に基づいて、上記インバータの出力電流の微分値がゼロとなる位相タイミングを検知することを特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第6項）は、請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッ

サ駆動装置において、上記ピストン速度算出手段は、上記リニアモータの、温度変化によりその値が変動する推力定数に対して温度補正処理を施し、該温度補正処理を施した推力定数と、上記瞬時電流値、瞬時電圧値、及び該リニアモータの内部抵抗値に基づいて、上記ピストン速度の最大振幅を算出するものであること⁵を特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第7項）は、請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストン速度算出手段は、上記リニアモータの、温度変化によりその値が変動する内部抵抗値に対して温度補正処理を施し、該温度補正処理を施した内部抵抗値と、上記インバータの出力電圧及び出力電流のそれぞれの瞬時値と、上記リニアモータの推力定数などに基づいて、上記ピストン速度の最大振幅を算出するものであることを特徴とするものである。¹⁰

この発明（請求の範囲第8項）は、請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストン速度算出手段は、上記ピストン速度の最大振幅を算出する速度算出処理を繰り返し行い、該繰り返される各速度算出処理では、上記リニアモータの、該ピストン速度の変化によりその値が変動する推力定数の値を、前回の速度算出処理により算出されたピストン速度の最大振幅に基づいて補正し、補正した推力定数に基づいて、上記ピストン速度の最大振幅を算出すること¹⁵であることを特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第9項）は、請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大振幅とに基づいて、上記ピストン往復運動におけるピストン変位の最大振幅を示すピストンストローク情報を算出するストローク情報算出手段を備えたことを特徴とするものである。²⁰

この発明（請求の範囲第10項）は、請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大振幅とに基づいて、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報を算出する下死点位置情報算出手段を備えたことを特徴とするものである。²⁵

ことを特徴とするものである。

- この発明（請求の範囲第11項）は、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出され
5 たピストン速度の最大振幅に基づいて、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報を算出する下死点位置情報算出手段と、上記下死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行って、上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す中心位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするものである。
- 10 この発明（請求の範囲第12項）は、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出され
15 たピストン速度の最大振幅に基づいて、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報を算出する下死点位置情報算出手段と、上記下死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行って、上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を示す上死点位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするものである。
- 15 この発明（請求の範囲第13項）は、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を検
20 出して、該位置を示す上死点位置情報を出力する上死点位置情報検出センサと、上記上死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行つて、上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す中心位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするものである。
- 25 この発明（請求の範囲第14項）は、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を検
25 出して、該位置を示す上死点位置情報を出力する上死点位置情報検出センサと、上記上死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行つて、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第15項）は、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を検出する、該位置を示す下死点位置情報を出力する下死点位置情報検出センサと、

上記下死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行つ

- 5 て、上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す中心位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第16項）は、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を検出する、該位置を示す下死点位置情報を出力する下死点位置情報検出センサと、

- 10 上記下死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行つて、上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を示す上死点位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第17項）は、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記インバータの出力電流に基づいて上記ピストン往復

- 15 運動におけるピストン中心位置を示す中心位置情報を算出する中心位置情報算出手段と、上記中心位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行つて、上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を示す上死点位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第18項）は、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記インバータの出力電流に基づいて上記ピストン往復

- 20 運動におけるピストン中心位置を示す中心位置情報を算出する中心位置情報算出手段と、上記中心位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行つて、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするものである。

25 この発明（請求の範囲第19項）は、請求の範囲第10項ないし第12項のい

ずれかに記載のリニアコンプレッサの駆動装置において、上記リニアコンプレッサは、上記ピストンがその中立位置から変位したときに、該ピストンがその中立

位置に戻るよう該ピストンを付勢する弾性部材を有するものであり、上記下死点

位置情報を算出手段は、上記インバータ制御器により決定される上記インバータの

出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大振幅と、上記リニアコンプレッサにおける、上記ピストン往復運動を行う可動部の重量と、上記弾性部材のバネ定数とから、上記下死点位置情報として、上記ピストンの中立位置を基準として上記ピストン下死点位置を示す位置情報を算出するものであることを特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第20項）は、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストンストローク算出手段は、上記ピストン速度の最大振幅に基づいて上記ピストンストローク情報を算出する算出処理を繰り返し行い、該繰り返される個々の算出処理では、上記リニアモータの、該ピストン位置の変化によりその値が変動する推力定数の値を、該前回の算出処理により算出されたピストンストローク情報に基づいて補正し、補正した推力定数に基づいて、上記ピストンストローク情報を算出するものであることを特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第21項）に係るリニアコンプレッサ駆動装置は、ピストン及びピストンを往復運動させるリニアモータを有し、該ピストンの往復運動により圧縮ガスを発生するリニアコンプレッサを、該リニアモータに交流電圧を印加して駆動するリニアコンプレッサ駆動装置であって、上記リニアモータに交流電圧及び交流電流を出力するインバータと、上記ピストン往復運動の共振周波数を示す共振周波数情報を出力する共振周波数情報出力手段と、上記インバータの出力電流を検出して電流検出信号を出力する電流検出手段と、上記共振周波数情報に基づいて、上記インバータを、その出力電圧及び出力電流としてそれぞれ、周波数が上記ピストン往復運動の共振周波数と一致した正弦波状電圧及び正弦波状電流を出力するよう制御するインバータ制御器と、上記インバータの出力電流の微分値がゼロとなる位相タイミングを特定位相タイミングとして検知するタイミング検知手段と、上記特定位相タイミングにおける、上記インバータの出力電流の瞬時値に基づいて、上記リニアコンプレッサが吐出する冷媒ガスの圧力と上記リニアコンプレッサが吸入する冷媒ガスの圧力との圧力差がゼロとなるピストン位置を基準として、上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す位置情報を算出するピストン中心位置算出手段とを備えたものである。

この発明（請求の範囲第22項）は、請求の範囲第21項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記リニアコンプレッサは、上記ピストンがその中立位置から変位したときに、該ピストンがその中立位置に戻るよう該ピストンを付勢する弾性部材を有するものであり、上記中心位置情報算出手段は、上記インバータの出力電流の最大振幅値と、上記リニアモータの推力定数と、上記弾性部材のバネ定数とから、上記中心位置情報として、上記ピストンの中立位置を基準として上記ピストン中心位置を示す位置情報を算出するものであることを特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第23項）は、請求の範囲第21項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記リニアコンプレッサが吐出する冷媒ガスの圧力を検知する吐出圧力検知手段と、上記リニアコンプレッサが吸入する冷媒ガスの圧力を検知する吸入圧力検知手段とを備え、上記中心位置情報算出手段は、上記吐出圧力と上記吸入圧力の圧力差に基づいて上記冷媒ガスから上記ピストンに作用する、上記ピストン往復運動の方向における作用力を算出し、該算出された作用力に基づいて、上記中心位置情報として、上記圧力差がゼロとなるピストン位置を基準として上記ピストン中心位置を示す位置情報を算出するものであることを特徴とするものである。

この発明（請求の範囲第24項）は、請求の範囲第23項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記中心位置情報算出手段は、上記吐出圧力と上記吸入圧力の圧力差と、上記共振周波数情報が示す共振周波数とにに基づいて、冷媒ガスからピストンに作用する、上記ピストン往復運動方向における作用力を算出し、該算出された作用力から、上記中心位置情報として、上記圧力差がゼロとなるピストン位置を基準として上記ピストン中心位置を示す位置情報を算出するものであることを特徴とするものである。

以上のようにこの発明（請求の範囲第1項）に係るリニアコンプレッサの駆動装置によれば、ピストン及びピストンを往復運動させるリニアモータを有し、該ピストンの往復運動により圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサを、該リニアモータに交流電圧を印加して駆動するリニアコンプレッサ駆動装置であって、上記リニアモータに交流電圧及び交流電流を出力するインバータと、上記ピストン

往復運動の共振周波数を示す共振周波数情報を出力する共振周波数情報出力手段

と、上記インバータの出力電圧を検出して電圧検出信号を出力する電圧検出手段

と、上記インバータの出力電流を検出して電流検出信号を出力する電流検出手段

と、上記共振周波数情報に基づいて、上記インバータを、その出力電圧及び出

- 5 電流としてそれぞれ、周波数が上記ピストン往復運動の共振周波数と一致した正
弦波状電圧及び正弦波状電流を出力するよう制御するインバータ制御器と、上記
インバータの出力電流の微分値がゼロとなる位相タイミングを特定位相タイミング
として検知するタイミング検知手段と、上記電圧検出信号及び上記電流検出信
号を受け、上記特定位相タイミングにおける、上記インバータの出力電圧及び出
10 力電流のそれぞれ瞬時値に基づいて、上記ピストン往復運動におけるピストン速
度の最大振幅を算出するピストン速度算出手段とを備えたので、リニアコンプレ
ッサの駆動電流及び駆動電圧に基づいて、積分演算や微分演算といった複雑な計
算を用いずに、ピストンの変位を容易にかつ精度よく求めることができるという
効果がある。

- 15 この発明（請求の範囲第2項）によれば、請求の範囲第1項記載のリニアコン
プレッサ駆動装置において、上記タイミング検知手段は、上記電流検出信号に基
づいて、上記インバータの出力電流の振幅が最大となる位相タイミングを、上記
特定位相タイミングとして検知することであることを特徴とするので、リニアコ
ンプレッサの駆動電流と駆動電圧からピストン速度を算出する計算式における、
20 駆動電流の微分値を含む項をゼロとして削除することができる効果がある。

- この発明（請求の範囲第3項）によれば、請求の範囲第1項記載のリニアコン
プレッサ駆動装置において、上記タイミング検知手段は、上記電流検出信号に基
づいて、上記インバータの出力交流電流の位相が、90°及び270°の少なく
とも一方の位相となる位相タイミングを、上記特定位相タイミングとして検知す
25 ることを特徴とするので、リニアコンプレッサの駆動電流と駆動電圧からピスト
ン速度を算出する計算式における、駆動電流の微分値を含む項をゼロとして削除
することができる効果がある。

- この発明（請求の範囲第4項）によれば、請求の範囲第3項記載のリニアコン
プレッサ駆動装置において、上記インバータに該インバータを駆動制御するイン

バータ駆動制御信号を出力するインバータ制御器を備え、上記タイミング検知手段を、上記インバータ駆動制御信号の位相に基づいて、上記インバータの出力電流の微分値がゼロとなる位相タイミングを検知するものとしたことを特徴とするので、リニアコンプレッサの駆動電流と駆動電圧からピストン速度を算出する計

- 5 算式における、駆動電流の微分値を含む項を削除することができる効果がある。

この発明（請求の範囲第5項）によれば、請求の範囲第4項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記タイミング検知手段は、上記インバータの出力電流の位相に対する、上記インバータ駆動制御信号の位相の位相ずれ量を検出する位相ずれ量検出器を有し、該位相ずれ量がゼロとなるようその位相が補正され

- 10 たインバータ駆動制御信号に基づいて、上記インバータの出力電流の微分値がゼロとなる位相タイミングを検知するものであることを特徴とするので、インバータ駆動制御信号に基づいて、インバータの出力電流の微分値がゼロとなる位相タイミングを正しく検出することができる効果がある。

この発明（請求の範囲第6項）によれば、請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストン速度算出手段は、上記リニアモータの、温度変化によりその値が変動する推力定数に対して温度補正処理を施し、該温度補正処理を施した推力定数と、上記瞬時電流値、瞬時電圧値、及び該リニアモータの内部抵抗値に基づいて、上記ピストン速度の最大振幅を算出するものであることを特徴とするので、上記ピストン速度の最大振幅を、リニアコンプレッサの温度変化によるリニアモータの推力定数の変動に拘わらず、常に精度よく検出することができる効果がある。

この発明（請求の範囲第7項）によれば、請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストン速度算出手段は、上記リニアモータの、温度変化によりその値が変動する内部抵抗値に対して温度補正処理を施し、該温度補正処理を施した内部抵抗値と、上記インバータの出力電圧及び出力電流のそれぞれの瞬時値と、上記リニアモータの推力定数に基づいて、上記ピストン速度の最大振幅を算出することを特徴とするので、上記ピストン速度の最大振幅を、リニアコンプレッサの温度変化によるリニアモータの内部抵抗値の変動に拘わらず、常に精度よく検出することができる効果がある。

この発明（請求の範囲第8項）によれば、請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストン速度算出手段は、上記ピストン速度の最大振幅を算出する速度算出処理を繰り返し行い、該繰り返される各速度算出処理では、上記リニアモータの、該ピストン速度の変化によりその値が変動する推

- 5 力定数の値を、前回の速度算出処理により算出されたピストン速度の最大振幅に基づいて補正し、補正した推力定数に基づいて、上記ピストン速度の最大振幅を算出するものであることを特徴とするので、上記ピストン速度の最大振幅を、ピストン速度の変動に伴うリニアモータの推力定数の変動に拘わらず、常に精度よく検出することができる効果がある。

- 10 この発明（請求の範囲第9項）によれば、請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大振幅とともに、上記ピストン往復運動におけるピストン変位の最大振幅を示すピストンストローク情報を算出するストローク情報算出手段を備えたことを特徴とするので、上記ピストンストローク情報に基づいて、リニアコンプレッサの駆動能力を制御することができる効果がある。
- 15

- この発明（請求の範囲第10項）によれば、請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大振幅とともに、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報を算出する下死点位置情報算出手段を備えたことを特徴とするので、ピストン下死点位置情報により共振バネのたわみ量を把握することができる。これにより、この共振バネのたわみ量に基づいて、該共振バネが破壊限界以上に変形されないようにリニアコンプレッサの駆動制御を行ふことも可能となる。
- 20

- この発明（請求の範囲第11項）によれば、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大振幅とともに、上記ピストン往復運動における

ピストン下死点位置を示す下死点位置情報を算出する下死点位置情報算出手段と、上記下死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行つて、上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す中心位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするので、該ピストン中心位置情報に基づいて、リニアコンプレッサを、ピストン振動中心位置が、リニアモータの最大効率を達成することができる位置に一致するよう制御することが可能となり、リニアコンプレッサ駆動効率のさらなる向上を図ることができる効果がある。

この発明（請求の範囲第12項）によれば、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大振幅とに基づいて、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報を算出する下死点位置情報算出手段と、上記下死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行つて、上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を示す上死点位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするので、該上死点位置情報に基づいて、ピストンとシリンダヘッドの衝突の可能性を高い精度で判定することができる効果がある。

この発明（請求の範囲第13項）によれば、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を検出して、該位置を示す上死点位置情報を出力する上死点位置情報検出センサと、上記上死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行つて、上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す中心位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするので、簡易的なセンサを1つ用いることで、リニアコンプレッサを、ピストン振動中心位置が、リニアモータの最大効率を達成することができる位置に一致するよう制御することが可能となり、リニアコンプレッサ駆動効率のさらなる向上を図ることができる効果がある。

この発明（請求の範囲第14項）によれば、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を検出して、該位置を示す上死点位置情報を出力する上死点位置情報検出セン

サと、上記上死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行って、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするので、簡易的なセンサを1つ用いることで、該ピストン下死点位置情報に基づいて、共振バネが破壊限界以上に変形されないようリニアコンプレッサの駆動制御を行うことも可能となる。

この発明（請求の範囲第15項）によれば、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を検出して、該位置を示す下死点位置情報を出力する下死点位置情報検出センサと、上記下死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算

10 を行って、上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す中心位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするので、簡易的なセンサを1つ用いることで、リニアコンプレッサを、ピストン振動中心位置が、リニアモータの最大効率を達成することができる位置に一致するよう制御することができる、リニアコンプレッサ駆動効率のさらなる向上を図ることができる効果がある。

15 この発明（請求の範囲第16項）によれば、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を検出して、該位置を示す下死点位置情報を出力する下死点位置情報検出センサと、上記下死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行って、上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を示す上死点位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするので、簡易的なセンサを1つ用いることで、上記上死点位置情報に基づいて、ピストンとシリンダヘッドの衝突の危険度を判定することができる効果がある。

20 この発明（請求の範囲第17項）によれば、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記インバータの出力電流に基づいて上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す中心位置情報を算出する中心位置情報算出手段と、上記中心位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行って、上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を示す上死点位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするので、該上死点位置情報に基づいて、ピストンとシリンダヘッドの衝突の可能性を高い精度で判定す

することができる効果がある。

この発明（請求の範囲第18項）によれば、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記インバータの出力電流に基づいて上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す中心位置情報を算出する中心位置情報

5 報算出手段と、上記中心位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行って、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするので、該ピストン下死点位置情報に基づいて、共振バネが破壊限界以上に圧縮されないようリニアコンプレッサの駆動制御を行うことも可能となる。

10 この発明（請求の範囲第19項）によれば、請求の範囲第1-10項ないし第12項のいずれかに記載のリニアコンプレッサの駆動装置において、上記リニアコンプレッサは、上記ピストンがその中立位置から変位したときに、該ピストンがその中立位置に戻るよう該ピストンを付勢する弾性部材を有するものであり、上記下死点位置情報算出手段は、上記インバータ制御器により決定される上記インバ

15 イータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大振幅と、上記リニアコンプレッサにおける、上記ピストン往復運動を行う可動部の重量と、上記弾性部材のバネ定数とから、上記下死点位置情報として、上記ピストンの中立位置を基準として上記ピストン下死点位置を示す位置情報を算出するものであることを特徴とするので、ピストン下死点位置情報により共振バネのたわみ量を把握することができる。これにより、この共振バネのたわみ量に基づいて、該共振バネが破壊限界以上に変形されないよう

20 にするリニアコンプレッサの駆動制御を簡単に行うことが可能となる。

この発明（請求の範囲第20項）によれば、請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記ピストンストローク算出手段は、上記ピストン速度の最大振幅に基づいて上記ピストンストローク情報を算出する算出処理を繰り返し行い、該繰り返される個々の算出処理では、上記リニアモータの、該ピストン位置の変化によりその値が変動する推力定数の値を、該前回の算出処理により算出されたピストンストローク情報を基づいて補正し、補正した推力定数に基づいて、上記ピストンストローク情報を算出するものであることを特徴とする

もので、上記ピストン速度の最大振幅を、ピストン位置の変動に伴うリニアモータの推力定数の変動に拘わらず、常に精度よく検出することができる効果がある。

この発明（請求の範囲第21項）に係るリニアコンプレッサ駆動装置によれば、

- 5 ピストン及びピストンを往復運動させるリニアモータを有し、該ピストンの往復運動により圧縮ガスを発生するリニアコンプレッサを、該リニアモータに交流電圧を印加して駆動するリニアコンプレッサ駆動装置であって、上記リニアモータに交流電圧及び交流電流を出力するインバータと、上記ピストン往復運動の共振周波数を示す共振周波数情報を出力する共振周波数情報出力手段と、上記インバータの出力電流を検出して電流検出信号を出力する電流検出手段と、上記共振周波数情報に基づいて、上記インバータを、その出力電圧及び出力電流としてそれぞれ、周波数が上記ピストン往復運動の共振周波数と一致した正弦波状電圧及び正弦波状電流を出力するよう制御するインバータ制御器と、上記インバータの出力電流の微分値がゼロとなる位相タイミングを特定位相タイミングとして検知するタイミング検知手段と、上記特定位相タイミングにおける、上記インバータの出力電流の瞬時値に基づいて、上記リニアコンプレッサが吐出する冷媒ガスの圧力と上記リニアコンプレッサが吸入する冷媒ガスの圧力との圧力差がゼロとなるピストン位置を基準として、上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す位置情報を算出するピストン中心位置算出手段とを備えたので、該ピストン中心位置情報に基づいて、リニアコンプレッサを、ピストン振動中心位置が、リニアモータの最大効率を達成することができる位置に一致するよう制御することが可能となり、リニアコンプレッサ駆動効率のさらなる向上を図ることができる効果がある。
- 10
- 15
- 20

- この発明（請求の範囲第22項）によれば、請求の範囲第21項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記リニアコンプレッサは、上記ピストンがその中立位置から変位したときに、該ピストンがその中立位置に戻るよう該ピストンを付勢する弾性部材を有するものであり、上記中心位置情報算出手段は、上記インバータの出力電流の最大振幅値と、上記リニアモータの推力定数と、上記弾性部材のパネ定数とから、上記中心位置情報として、上記ピストンの中立位置を
- 25

基準として上記ピストン中心位置を示す位置情報を算出するものであることを特徴とするので、ピストン中心位置情報に基づいて、リニアコンプレッサを、ピストン振幅中心位置が、リニアモータの最大効率を達成することができる位置に一致するよう制御することが可能となり、リニアコンプレッサ駆動効率のさらなる

- 5 向上を図ることができる効果がある。

この発明（請求の範囲第23項）によれば、請求の範囲第21項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記リニアコンプレッサが吐出する冷媒ガスの圧力を検知する吐出圧力検知手段と、上記リニアコンプレッサが吸入する冷媒ガスの圧力を検知する吸入圧力検知手段とを備え、上記中心位置情報算出手段は、

- 10 上記吐出圧力と上記吸入圧力の圧力差に基づいて上記冷媒ガスから上記ピストンに作用する、上記ピストン往復運動の方向における作用力を算出し、該算出された作用力に基づいて、上記中心位置情報として、上記圧力差がゼロとなるピストン位置を基準として上記ピストン中心位置を示す位置情報を算出するものであることを特徴とするので、ピストン中心位置情報に基づいて、リニアコンプレッサ
15 を、ピストン振幅中心位置が、リニアモータの最大効率を達成することができる位置に一致するよう制御することが可能となり、リニアコンプレッサ駆動効率のさらなる向上を図ることができる効果がある。

- この発明（請求の範囲第24項）によれば、請求の範囲第23項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記中心位置情報算出手段は、上記吐出圧力と上記吸入圧力の圧力差と、上記共振周波数情報が示す共振周波数とにに基づいて、冷媒ガスからピストンに作用する、上記ピストン往復運動方向における作用力を算出し、該算出された作用力から、上記中心位置情報として、上記圧力差がゼロとなるピストン位置を基準として上記ピストン中心位置を示す位置情報を算出するものであることを特徴とするので、該ピストン中心位置情報に基づいて、リニアコンプレッサを、ピストン振幅中心位置が、リニアモータの最大効率を達成することができる位置に一致するよう制御することが可能となり、リニアコンプレッサ駆動効率のさらなる向上を図ることができる効果がある。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の実施の形態1によるリニアコンプレッサ駆動装置を説明するためのブロック図である。

第2図は、上記実施の形態1のリニアコンプレッサ駆動装置におけるインバータの具体的な回路構成を示す図であり、電圧型フルブリッジインバータ（第2(a)

- 5 図)、電流型フルブリッジインバータ(第2(b)図)、及び電圧型ハーフブリッジインバータ(第2(c), (d)図)を示している。

第3図は、上記実施の形態1のリニアコンプレッサ駆動装置により駆動されるリニアコンプレッサの共振運転状態における、駆動電流の位相に対するピストン変位量、ピストン速度、ピストン加速度の位相を示す図である。

- 10 第4図は、本発明の実施の形態2によるリニアコンプレッサの駆動装置を説明するためのブロック図である。

第5図は、本発明の実施の形態3によるリニアコンプレッサの駆動装置を説明するためのブロック図である。

- 第6図は、本発明の実施の形態4によるリニアコンプレッサの駆動装置を説明するためのブロック図である。

第7図は、一般的なリニアコンプレッサを説明するための断面図である。

第8図は、上記リニアコンプレッサを構成するリニアモータの等価回路を示す図である。

第9図は、上記リニアコンプレッサのシリンダ内でのピストン位置を模式的に

- 20 示す図である。

第10図は、上記実施の形態3及び4のリニアコンプレッサ駆動装置の動作を説明するための図である。

発明を実施するための最良の形態

- 25 まず、本発明の基本原理について簡単に説明する。

リニアコンプレッサがピストン運動の共振状態で駆動されているリニアコンプレッサの共振駆動状態では、リニアコンプレッサに印加される交流電流（駆動電流）の位相が、往復運動するピストンの速度に対応する位相に一致した状態が保持される。つまり、上記共振駆動状態では、上記リニアコンプレッサ駆動電流の

微分値が0となるタイミングで、リニアコンプレッサのピストン速度の振幅が最大となる。

本件発明者はこのようなリニアコンプレッサの共振駆動状態における、その駆動電流の位相とピストン速度の位相との関係に着目し、リニアコンプレッサ駆動

- 5 電流の微分値が0となる位相タイミングを検出することにより、ピストン速度の最大振幅を高い精度で検知することができ、さらにはこのピストン速度の最大振幅からピストン上死点位置を算出することができるを見出した。

以下、本発明の実施の形態について説明する。

(実施の形態1)

- 10 第1図は本発明の実施の形態1によるリニアコンプレッサ駆動装置を説明するためのブロック図である。

この実施の形態1のリニアコンプレッサ駆動装置101は、ピストン往復運動の周波数が周波数（共振周波数） F_r であるとき、ピストン往復運動が共振状態となるよう構成されたリニアコンプレッサ100を駆動する装置である。

- 15 すなわち、このリニアコンプレッサ駆動装置101は、電源電圧として直流電圧VDCを発生する電源1と、該電源電圧VDCを所定の周波数の交流電圧 V_d に変換してリニアコンプレッサ100に出力するインバータ2と、該インバータ2からリニアコンプレッサ100に出力されるインバータ出力電流 I_d をモニタする電流センサ9と、該モニタ出力 S_{cm} に基づいてインバータ2のインバータ出力電流 I_d を検出する出力電流検出手段3と、上記インバータからリニアコンプレッサ100に出力されるインバータ出力電圧 V_d を検出する出力電圧検出手段4とを有している。

- 20 上記リニアコンプレッサ駆動装置101は、上記ピストン往復運動の共振周波数 F_r を示す共振周波数情報 I_{rf} を出力する共振周波数情報出力手段5と、共振周波数情報 I_{rf} に基づいて、上記インバータ2を、その出力電流 I_d の周波数 F_{id} が上記共振周波数 F_r と一致するようインバータ制御信号 S_{cp} により制御するインバータ制御器6と、上記電流センサ9のモニタ出力 S_{cm} に基づいてインバータ2の出力電流（リニアコンプレッサ100の駆動電流） I_d の微分値が0になる位相タイミングを検出するタイミング検知手段7とを有している。

上記リニアコンプレッサ駆動装置 101 は、上記出力電圧検出手段 4 の検出出力（駆動電圧検出信号）Dvd 及び出力電流検出手段 3 の検出出力（駆動電流検出信号）Dcd に基づいて、ピストン速度の最大振幅（最大速度）を算出するピストン速度算出手段 8 と、ト記タイミング検知手段 7 の検知出力 S_{co} に基づいて、上

- 5 記ピストン速度算出手段 8 への上記駆動電圧検出信号 Dvd 及び駆動電流検出信号 Dcd の供給及びそれらの供給停止を制御する開閉スイッチ 10 とを有している。

統いて、上記リニアコンプレッサ駆動装置の各部の構成について詳しく説明する。

- 10 まず、共振周波数情報出力手段 5 について説明する。

この実施の形態 1 では、上述したように、リニアコンプレッサ 100 は、これが動作する負荷条件にて、ピストン往復運動の共振周波数として一定の共振周波数 F_r を持つように設計されており、上記共振周波数情報出力手段 5 は、この固有の共振周波数を示す共振周波数情報 I_{rf} を出力するものである。

- 15 但し、上記共振周波数情報出力手段 5 は、上記のように予めリニアコンプレッサ 100 に対して設定された固有の共振周波数 F_r を示す情報を出力するものに限るものではない。

- 20 例え、第 7 図に示すリニアコンプレッサ 100 では、圧縮される冷媒ガスによる、ピストンに作用するバネ力は大きく、またそのバネ力は、リニアコンプレッサ 100 の動作状態、例えば、圧縮される冷媒ガスの圧力やピストン 72 の変位量などにより大きく変化するため、実際は、リニアコンプレッサ 100 の共振周波数は一意に決定できるものではない。

- そこで、共振周波数発生手段 5 は、圧縮される冷媒ガスの状態を監視し、その状態に見合った共振周波数を推定し、推定された共振周波数を示す情報を出力するものであってもよい。この共振周波数の推定方法としては、冷媒ガスの状態を示す変数（例え冷媒の圧力値や温度値）から所定の関数式に基づいて共振周波数を算出するものであっても、また、該変数と共振周波数との対応関係を示すテーブルを用いて、該変数から共振周波数を推定するものであってもよい。

さらに、共振周波数情報出力手段 5 は、特願 2000-361301 号の明細

書に示されるように、リニアコンプレッサ 100 にその駆動電流として入力される交流電流の振幅値を一定とする条件で、その交流電流の周波数を変化させたときに、リニアコンプレッサで消費される電力が最大となる周波数を、共振周波数と推定するものであってもよい。

- 5 次に、インバータ制御器 6、インバータ 2、及び該インバータ 2 の入力電源 1 について詳しく説明する。

インバータ制御器 6 は、上記インバータ 2 の制御信号 S_{cp} として、インバータ 2 をスイッチングする PWM (パルス幅変調) 信号をインバータ 2 に出力するとともに、該 PWM 信号 S_{cp} のパルス幅を、上記共振周波数情報 I_{rf} に基づいて調

- 10 整するものである。この PWM 信号 S_{cp} は、そのパルス幅に相当する期間だけインバータ 2 を駆動するものである。

インバータ 2 は、上記電源 1 からの電圧 V_{dc} を受け、インバータ制御器 6 からのインバータ制御信号 S_{cp} に基づいて、その周波数が上記共振周波数 F_r と等しい交流電圧 V_d 及び交流電流 I_d をリニアコンプレッサ 1 に供給するものである。

- 15 なお、インバータ 2 の入力電源 1 としては、インバータ 2 に直流電力を供給する直流電源が必要であるが、インバータ 2 の入力電源は、商用の交流電源を用いたものであってもよい。このような入力電源は、商用の交流電圧 (電流) を整流する、例えば、ダイオードブリッジ回路や高力率コンバータなどの整流回路と、該整流回路の出力を平滑する平滑用コンデンサとから構成されるものである。

- 20 上記インバータ 2 の具体的な回路構成としては、第 2 (a) 図～第 2 (d) 図に示すように種々のものがある。

第 2 (a) 図及び第 2 (b) 図に示すインバータはそれぞれ、4 石のスイッチング素子と、それぞれの素子に対応するダイオードとを有する電圧形フルブリッジインバータ 21 及び電流型フルブリッジインバータ 22 であり、これらのフルブリッジインバータは、その入力電源の電圧が直流電圧 V_{dc} であるとき、負荷 L には、 $+V_{DC}$ から $-V_{DC}$ までの範囲の電圧を出力するものである。

つまり、電圧形フルブリッジインバータ 21 は、第 1 及び第 2 のスイッチング回路 21a 及び 21b を直列に接続してなる第 1 の直列接続回路 C1a と、該第 1 の直列接続回路 C1a に並列に接続された、第 3 及び第 4 のスイッチング回路

21c 及び 21d を直列に接続してなる第2の直列接続回路 C1b とから構成されている。ここで、各スイッチング回路 21a～21d は、NPNトランジスタからなるスイッチング素子 S1 と、これに逆並列接続されたダイオード D1 とから構成されている。このインバータ 21 は、上記第1及び第2の直列接続回路 C

- 5 1a 及び C1b の両端に電源 1 の直流電圧 VDC が印加され、第1の直列接続回路 C1a における第1及び第2のスイッチング回路 21a 及び 21b の接続点 N1a と、第2の直列接続回路 C1b における第3及び第4のスイッチング素子 21c 及び 21d の接続点 N1b との間に、負荷 L に印加する交流電圧 Vd を発生するものである。

- 10 また、電流形フルブリッジインバータ 22 は、第1及び第2のスイッチング回路 22a 及び 22b を直列に接続してなる第1の直列接続回路 C2a と、該第1の直列接続回路 C2a に並列に接続された、第3及び第4のスイッチング回路 22c 及び 22d を直列に接続してなる第2の直列接続回路 C2b と、一端が上記第1及び第2の直列接続回路 C2a 及び C2b の一端に接続されたインダクタンス素子 22e とから構成されている。ここで、各スイッチング回路 22a～22d は、NPNトランジスタからなるスイッチング素子 S2 と、該NPNトランジスタのエミッタにアノードが接続されたダイオード D2 とから構成されている。このインバータ 22 は、上記インダクタンス素子 22e の他端と上記第1及び第2の直列接続回路 C2a 及び C2b の他端との間に電源 1 の直流電圧 Vdc が印加されると、第1の直列接続回路 C2a における第1及び第2のスイッチング回路 22a 及び 22b の接続点 N2a と、第2の直列接続回路 C2b における第3及び第4のスイッチング回路 22c 及び 22d の接続点 N2b との間に、負荷 L に印加する交流電圧 Vd を発生するものである。

- また、第2(c)図及び第2(d)図に示すインバータはそれぞれ、2石のスイッチング素子と、該各素子に対応するダイオードとを有する電圧形ハーフブリッジインバータ 23 及び 24 である。

ここで、上記ハーフブリッジインバータ 23 は、その入力電源の電圧が直流電圧 Vdc であるとき、負荷 L には $+V_{dc}/2$ から $-V_{dc}/2$ までの範囲の電圧を出力するものである。また、上記ハーフブリッジインバータ 24 は、その入力電源

の電圧が直流電圧 V_{DC} であるとき、負荷 L には $+V_{DC}$ から 0 までの範囲の電圧を出力するものである。このようにこれらのハーフブリッジインバータは、電源利用率がフルブリッジインバータの半分であるものである。

- つまり、電圧形ハーフブリッジインバータ 23 は、第 1 及び第 2 のスイッチング回路 23a 及び 23b を直列に接続してなる第 1 の直列接続回路 C3a と、該第 1 の直列接続回路 C3a に並列に接続された、第 1 及び第 2 のキャパシターンス回路 23c 及び 23d を直列に接続してなる第 2 の直列接続回路 C3b とから構成されている。ここで、各スイッチング回路 23a 及び 23b は、NPN トランジスタからなるスイッチング素子 S3 と、これに逆並列接続されたダイオード D3 とから構成されている。上記第 1 及び第 2 のキャパシターンス回路 23c 及び 23d はそれぞれコンデンサ 23c 及び 23d から構成されている。このインバータ 23 は、上記第 1 及び第 2 の直列接続回路 C3a 及び C3b の両端に電源 1 の直流電圧 V_{DC} が印加されると、第 1 の直列接続回路 C3a における第 1 及び第 2 のスイッチング回路 23a 及び 23b の接続点 N3a と、第 2 の直列接続回路 C3b における第 1 及び第 2 のキャパシターンス回路 23c 及び 23d の接続点 N3b の間に、負荷 L に印加する交流電圧 V_d を発生するものである。
- また、電圧形ハーフブリッジインバータ 24 は、第 1 及び第 2 のスイッチング回路 24a 及び 24b を直列に接続してなる直列接続回路 C4a から構成されている。ここで、各スイッチング回路 24a 及び 24b は、NPN トランジスタからなるスイッチング素子 S4 と、これに逆並列接続されたダイオード D4 とから構成されている。このインバータ 24 は、上記直列接続回路 C4a の両端に直流電源 1 の出力電圧が印加されると、上記第 2 のスイッチング回路 24b を構成するダイオード D4 のアノードとカソードの間に、負荷 L に印加する交流電圧 V_d を発生するものである。
- 次に、出力電流検出手段 3、電流センサ 9、出力電圧検出手段 4、開閉スイッチ 10 及びタイミング検知手段 7 について詳しく説明する。

上記出力電流検出手段 3 は、上記電流センサ 9 のモニタ出力である駆動電流モニタ信号 S_{cm} に基づいて、リニアコンプレッサ 100 のリニアモータ 82 (第 7 図参照) に印加されるインバータ出力電流 (リニアコンプレッサ駆動電流) I_d

を検出して駆動電流検出信号 D_{cd} を上記開閉スイッチ 10 に出力するものである。この電流センサ 9 としては、磁性体とホール素子を使用した磁気式の電流検出センサや、リニアコンプレッサ駆動電流に応じた電圧を発生するカレントトランジスタなどが考えられる。また、リニアコンプレッサ 100 の駆動電流を検出する

- 5 方法としては、上記電流供給経路に配置されたシャント抵抗に発生する電圧から電流を算出する方法もある。

上記出力電圧検出手段 4 は、インバータ 2 がリニアコンプレッサ 100 のリニアモータ 82 (第7図参照) に供給するインバータ出力電圧 (リニアコンプレッサ駆動電圧) V_d を検出して、駆動電圧検出信号 D_{vd} を上記開閉スイッチ 10 に

- 10 出力するものである。ここで、上記インバータ 2 が電圧形インバータである場合、インバータ出力電圧 V_d の波形は PWM 波形であるため、該インバータ出力電圧 V_d を直接測定することは困難である。そこで、電圧形インバータの出力電圧の測定方法としては、トランジスタやコンデンサと、抵抗とによって作成されたローパスフィルタなどを用いて、出力電圧に対して PWM 波形の整形処理を施し、該波形整形処理が施された出力電圧を測定する方法が考えられる。また、電圧形インバータの出力電圧の測定方法としては、上記のようなローパスフィルタを使用する方法ではなく、インバータ 2 に入力される直流電圧 VDC と、インバータ制御器 6 から出力されるインバータ制御信号 S_{cp} である PWM 信号のパルス幅に基づいて、インバータ 2 の出力電圧 V_d を算出する方法も考えられる。

- 15 20 上記開閉スイッチ 10 は、上記出力電流検出手段 3 からの駆動電流検出信号 D_{cd} が入力される第 1 の入力側接点 10a と、上記出力電圧検出手段 4 からの駆動電圧検出信号 D_{vd} が入力される第 2 の入力側接点 10b と、上記駆動電流検出信号 D_{cd} をピストン速度検出手段 8 へ出力するための第 1 の出力側接点 10c と、上記駆動電圧検出信号 D_{vd} をピストン速度検出手段 8 へ出力するための第 2 の出力側接点 10d とを有し、上記タイミング検知手段 7 からの検知出力であるスイッチ制御信号 S_{cs} に基づいて、上記第 1 の入力側接点 10a と第 1 の出力側接点 10c との間、及び上記第 2 の入力側接点 10b と第 1 の出力側接点 10d との間を導通状態あるいは非導通状態とするものである。

25 上記タイミング検知手段 7 は、上記電流センサ 9 からの駆動電流モニタ信号 S

cmに基づいて、リニアコンプレッサ駆動電流 I_d の位相が、 90° 及び 270° の少なくとも一方と一致する位相タイミングを検知し、この位相タイミングにて上記開閉スイッチ 10 の第 1, 第 2 の入力側接点 10a, 10b と第 1, 第 2 の出力側接点 10c, 10d を導通状態とするスイッチ制御信号 S_{cs} を該開閉スイッチ 10 に出力するものである。このタイミング検出器 7 は、インバータ出力電流（リニアコンプレッサ駆動電流） I_d が正弦波であることから、位相が 90° もしくは 270° のとき極値をとることを利用し、駆動電流の位相が 90° 及び 270° の少なくとも一方と一致する位相タイミングを、駆動電流 V_d が波高値（最大振幅）をとる位相タイミングとして検出するものである。

最後に、ピストン速度算出手段 8 について詳しく説明する。
このピストン速度算出手段 8 は、タイミング検知器 7 によって検知された位相タイミングで、出力電流検出手段 3 からの駆動電流検出信号 D_{cd} 、及び出力電圧検出手段 4 からの駆動電圧検出信号 D_{vd} とを受け、該位相タイミングにおけるインバータ出力電流 I_d 及びインバータ出力電圧 V_d の瞬時値と、リニアモータの推力定数とから、一定の角速度で往復運動するピストンの速度の最大振幅（ピストン速度の絶対値の最大値）を算出し、該ピストン速度の最大振幅を示すピストン速度情報 I_{pve} を出力するものである。

統いて、上記ピストン速度算出手段 8 での演算処理について、図と数式を用いて具体的に説明する。

第 3 図は、リニアコンプレッサがピストン運動の共振状態で駆動されているリニアコンプレッサの共振駆動状態を説明するための図であり、共振駆動状態にて、駆動電流 I_d 、ピストン速度（往復動速度） v 、ピストン変位量 x' 、及びピストン加速度 a が変化する様子を示している。ここで、上記ピストン変位量 x' は、第 9 図に示すピストン振幅中心位置 P_{av} に対するピストン位置の変位量である。

リニアコンプレッサ 100 に供給されるインバータ出力電流（リニアモータ駆動電流） I_d は、ピストンに加えられる力に比例するため、リニアコンプレッサ 100 の共振駆動状態では、リニアモータ駆動電流 I_d の位相は、ピストン速度 v の位相と等しくなる。また、ピストン変位量 x' 、及びピストン加速度 a はそれぞれ、ピストン速度 v に対する積分値、及び微分値に対応するものであるため、

リニアコンプレッサの共振駆動状態では、ピストン変位量 x' は、その位相がピストン速度 v の位相に対して 90° 遅れたものとなり、ピストン加速度 a は、その位相がピストン速度 v の位相に対して 90° 進んだものとなる。

- また、ピストンの運動方程式としては、従来の技術で説明したように、リニアモータの等価回路（第8図参照）からキルヒホッフの法則により導かれる（1）式が成立するが、特に、リニアコンプレッサの共振駆動状態におけるピストンの運動方程式としては、上記式（1）に代えて下記の式（5）が成立する。

$$v_m = \frac{1}{\alpha} (V_1 - R \times I_1) \quad \cdots (5)$$

10

- 簡単に説明すると、第3図に示すように、リニアコンプレッサ100がピストン往復運動の共振状態で駆動されている共振駆動状態では、リニアモータ駆動電流 I_d の位相はピストン速度 v の位相と等しくなる。例えば、駆動電流 I_d の位相が 90° もしくは 270° であるとき、ピストン速度 v の位相もまた 90° もしくは 270° である。

- つまり、このリニアコンプレッサ100の共振駆動状態では、タイミング検知手段7にて検知された位相タイミング（駆動電流 I_d の位相が 90° あるいは 270° となるタイミング）では、ピストン速度 v は最大値もしくは最小値、つまりピストン速度の絶対値が最大となり、また、駆動電流 I_d も極大値もしくは極小値をとる。このため、駆動電流 I_d の微分値はゼロとなり、式（1）の右辺第三項の値はゼロとなる。

- 従って、リニアコンプレッサが共振駆動状態であるとき、（1）式の右辺第三項を削除して得られる（5）式が成立する。なお、上記（5）式における変数 V 及び変数 I はそれぞれ、インバータ出力電圧 V_d の測定値 V 、及びインバータ出力電流 I_d の測定値 I である。

この（5）式に基づいて、リニアコンプレッサの駆動電流の位相が 90° もしくは 270° であるタイミングでのインバータ出力電圧 V_d （測定値 V ）の瞬時値 V_1 [V] と、このタイミングでのインバータ出力電流 I_d （測定値 I ）の瞬時値 I_1 [A] と、リニアモータを構成する巻線の等価抵抗 R [Ω] と、モータ

の推力定数 α [N/A] とから、ピストン速度 v の最大振幅（最大値または最小値） v_0 [m/s] が求められる。

なお、本実施の形態1のリニアコンプレッサ駆動装置101は、該リニアコンプレッサ駆動装置101を構成する各手段3～5, 7, 8, 及びインバータ制御

- 5 器6は、ソフトウェアにより構成したものである。但し、これらの手段3～5, 7, 8, 及びインバータ制御器6は、ハードウェアにより構成したものであってもよい。

また、上記実施の形態1の説明では、分りやすくするため、リニアコンプレッサ駆動装置101はハードウェアの開閉スイッチ10を有するものとしているが

- 10 上記各手段3～8をソフトウェアにより構成した場合は、開閉スイッチ10を用いずにリニアコンプレッサ駆動装置101を構成可能である。

例えば、上記開閉スイッチ10を用いる代わりに、上記出力電流検出手段3及び出力電圧検出手段4を、上記タイミング検知手段7が、リニアコンプレッサ駆動電流 I_d の位相が 90° 及び 270° の少なくとも一方と一致する位相タイ

- 15 ミングを検知したときのみ動作して、上記駆動電流検出信号 D_{cd} 及び駆動電圧検出信号 D_{vd} をピストン速度検出手段8に出力するものとしてもよい。

次に動作について説明する。

インバータ制御器6では、共振周波数情報出力手段5から出力される共振周波数情報 I_{rf} に基づいてパルス幅が調整されたパルス信号 S_{cp} が生成され、該パル

- 20 ス信号 S_{cp} がインバータ制御信号としてインバータ2に供給される。ここで、上記パルス信号 S_{cp} のパルス幅は、リニアコンプレッサ100がピストン往復運動の共振状態で駆動されるよう調整される。

- 25 上記インバータ2にパルス信号 S_{cp} が供給されると、上記インバータ2では、該パルス信号 S_{cp} に基づいて、電源1から供給される直流電圧 V_{DC} から、周波数が上記共振周波数 F_r と一致した交流電圧 V_d が生成され、該交流電圧 V_d がリニアコンプレッサ100のリニアモータにその駆動電圧として印加される。

例えば、上記インバータ2として、第2(a)図に示す電圧型フルブリッジインバータ21が用いられている場合、上記インバータ制御器6からのパルス信号 S_{cp} は、インバータ21における各スイッチング回路21a～21dを構成するNP

Nトランジスタ（スイッチング素子）S1のベースに印加される。すると、該インバータ21では、第1及び第4のスイッチング回路21a及び21dのスイッチング素子S1のオンオフ動作と、第2及び第3のスイッチング回路21b及び21cのスイッチング素子S1のオンオフ動作とが相補的に行われる。これにより、
5 第1の直列接続回路C1aの接続ノードN1aと第2の直列接続回路C1bの接続ノードN1bとの間にインバータ出力電圧Idとしての交流電圧が発生し、この交流電圧Idはリニアコンプレッサ100のリニアモータに駆動電圧として印加される。

リニアコンプレッサ100では、リニアモータに駆動電圧Idが印加されると、
10 ピストンの往復運動が開始され、その後、リニアコンプレッサ100の駆動状態が安定したとき、該リニアコンプレッサ100は、一定の負荷条件の下では、ピストン往復運動が共振状態である共振駆動状態となる。

このとき、リニアコンプレッサに供給される駆動電流Idは、電流センサ9によりモニタされており、該電流センサ9からは、電流モニタ出力（駆動電流モニタ信号）Scmが、出力電流検出手段3及びタイミング検知手段7に出力される。
15

すると、出力電流検出手段3では、電流センサ9からの電流モニタ出力Scsに基づいて、インバータ出力電流、つまりリニアコンプレッサ100の駆動電流Idが検出され、検出出力（駆動電流検出信号）Dcdが上記開閉スイッチ10の第1の入力側接点10aに出力される。また、出力電圧検出手段4ではインバータ
20 出力電圧Vdが検出され、その検出出力（駆動電圧検出信号）Dvdが上記開閉スイッチ10の第2の入力側接点10bに出力される。

上記タイミング検知手段7では、上記電流センサ9からの電流モニタ出力Scmに基づいて、駆動電流Idの位相が90°あるいは270°になる位相タイミングが検出され、この位相タイミングにて上記開閉スイッチ10の第1及び第2の入力側接点10a及び10bと、対応する第1及び第2の出力側接点10c及び10dとを導通状態とするスイッチ制御信号Scsが該開閉スイッチ10に出力される。
25

上記開閉スイッチ10では、上記スイッチ制御信号Scsにより、上記位相タイミングで、対応する入力側接点と出力側接点とが導通状態となり、上記駆動電流

I_d 及び駆動電圧 V_d の、上記位相タイミングでの値（瞬時値） I_1 及び V_1 がピストン速度算出手段 8 に出力される。

ピストン速度算出手段 8 では、上記（5）式に基づいて、上記位相タイミングでの駆動電流及び駆動電圧の瞬時値 I_1 及び V_1 から、ピストン速度の波高値 v_m

- 5 が算出され、該波高値を示すピストン速度情報 I_{pve} が出力される。

このように、本実施の形態 1 のリニアコンプレッサ駆動装置 101 では、リニアコンプレッサ 100 をピストン往復運動が共振状態となる共振駆動状態で駆動し、この運転状態でリニアコンプレッサ駆動電流 I_d の位相が 90° もしくは 270° となるときの駆動電圧の瞬時値 V_1 [V] 及び駆動電流の瞬時値 I_1 [A]

- 10 を測定し、測定された駆動電圧の瞬時値 V_1 [V] 及び駆動電流の瞬時値 I_1 [A] と、リニアモータの巻線の等価抵抗 R_e [Ω] 及びモータの推力定数 α [N/A] を用いて、所定の関数式に基づいてピストン速度の最大振幅 v_m [m/s] を求めるので、リニアコンプレッサ駆動電流の測定値に基づいて微分演算を行ってピストン速度を求める場合に比べて、駆動電流の測定回数を低減することができ、
15 最低でも、駆動電流の 1 周期に 1 度、該駆動電流と駆動電圧を測定するだけで、ピストン速度の最大振幅 v_m [m/s] を求めることができる。

- また、実施の形態 1 では、駆動電流 I_d の位相が 90° もしくは 270° であるときの駆動電流の瞬時値 I_1 [A] 及び駆動電圧の瞬時値 V_1 [V] を用いた四則演算によりピストン速度の最大振幅 v_m を算出するため、ピストン速度の最大振幅の算出処理では駆動電流の微分演算を行う必要がない。このため、微分器に起因する計算誤差を排除して、ピストン速度の計算精度を高めることができる。
20

- なお、上記実施の形態 1 では、タイミング検知手段 7 は、インバータ出力電流（リニアコンプレッサ駆動電流） I_d の位相が 90° 及び 270° の少なくとも一方となる位相タイミングを検知するものとなっているが、タイミング検知器 7 25 は、リニアコンプレッサ 100 の駆動電流 I_d の変化量がゼロとなる位相タイミングを検出するものであってもよい。

この場合も、タイミング検知器 7 は、位相タイミングとして、駆動電流（インバータ出力電流） I_d の瞬時値が波高値（最大振幅）となる位相タイミングを出力することとなる。これは、駆動電流が正弦波であることから、駆動電流の位相

が 90° もしくは 270° のとき、該駆動電流は極値となるためである。

また、上記駆動電流（インバータ出力電流） I_d がその波高値となるタイミングを検出する方法としては、常にインバータ出力電流の値をモニタし、その値の変化の方向が変わる位相タイミング、つまり出力電流値の変化が増加から減少に、

5 あるいは減少から増加に切り替わる位相タイミングを検出する方法も考えられる。

さらに、上記実施の形態 1 では、上記タイミング検知手段 7 は、電流センサ 9 のモニタ出力 S_{cm} に基づいて、インバータ 2 の出力電流の位相が 90° もしくは 270° となる位相タイミングを検出するものであるが、該タイミング検知手段 7 は、インバータ制御器 6 から出力されるインバータ 2 の制御信号であるパルス

10 信号 S_{cp} に基づいて、インバータ 2 の出力電流 I_d の位相が 90° もしくは 270° となる位相タイミングを検出するものであつてもよい。

但しこの場合、インバータ制御器 6 から出力されるインバータ 2 の制御信号（パルス信号） S_{cp} から理論的に決定されるインバータ出力電流の位相は、実際にインバータ 2 から出力されている出力電流 I_d の位相に対して、制御誤差に相当する分だけずれている可能性がある。

そこで、インバータ制御器 6 からのインバータ制御信号 S_{cp} に基づく理想的なインバータ出力電流の位相と、実際にインバータ 2 から出力されている出力電流 I_d の位相との誤差を検出し、該検出された位相誤差に基づいて、インバータ制御器 6 からのインバータ制御信号 S_{cp} の位相を補正する方法が考えられる。ここで、位相誤差を検出する具体的な方法としては、実際にインバータ 2 から出力されている出力電流 I_d のゼロクロス点の位相タイミングを測定し、その位相タイミングと、インバータ制御器 6 からのインバータ制御信号 S_{cp} の位相が 0° もしくは 180° となる位相タイミングとの誤差を計測する方法が考えられる。

また、上記実施の形態 1 では、ピストン速度算出手段 8 での演算処理に使用するリニアモータの内部抵抗値 R は、あらかじめ測定した既定値としているが、上記内部抵抗値 R は、温度補正処理を施したものであつてもよい。

簡単に説明すると、実際にはリニアモータの温度が上昇するにつれて、リニアモータの内部抵抗値 R が増加する。

そこで、リニアモータの温度を測定し、予め測定した内部抵抗値を温度補正し

た値を、上記ピストン速度算出処理にて用いることにより、ピストン速度の波高値としてより正確な値を得ることができる。

ここで、この内部抵抗値を温度補正する具体的な方法としては、リニアモータの巻線として使用する導体の温度とその抵抗値との関係を示すテーブルを用いる

5 方法や、内部抵抗値を温度補正するための計算式を用いる方法が考えられる。

例えば、リニアモータの巻線が、一般に使用される銅線である場合、20°Cで測定された抵抗値R₂₀に対して、t°Cのときの抵抗値R_tは、下記の(6)式により、求めることができる。

(6) $R_t = R_{20} [1 + 0.00393 \times (t - 20)]$

また、上記実施の形態1では、ピストン速度算出手段8での演算処理に使用するリニアモータの推力定数は、あらかじめ測定した既定値としているが、上記推力定数は、リニアコンプレッサの運転状態に応じて補正処理を施したものであつてもよい。

例えば、上記推力定数は、リニアモータの温度に応じた補正処理を施したものであってもよい。つまり、実際にはリニアモータの温度が上昇するにつれて、推力定数は減少する。これは、リニアモータに使用されている磁性体の磁束密度が温度上昇によって減少するからである。そこで、リニアモータの温度を測定し、

20 予め測定した推力定数を温度補正した値を、上記ピストン速度算出処理にて用いることにより、ピストン速度の波高値としてより正確な値を得ることができる。

ここで、上記推力定数を温度補正する具体的な方法としては、使用する磁性体の温度と磁束密度の関係を示すテーブルを用いる方法が考えられる。

また、上記推力定数は、リニアモータの運転速度（角速度）に応じた補正処理を施したものであってもよい。つまり、実際にはリニアモータの推力定数は、リニアモータの運転速度（角速度）が上昇するにつれて減少する。そこで、ピストン速度の演算処理を繰り返し行うピストン速度算出手段8は、繰り返される個々の演算処理では、前回のピストン速度の算出処理により求められたピストン速度に基づいて、上記リニアモータの推力定数を補正し、該補正された推力定数を用

いてピストン速度の算出を行うものであってもよい。ここで、上記推力定数の具体的な補正方法としては、実験値から求められたモータの運転速度と推力定数の関係を示すテーブルを用いて、リニアモータの推力定数を補正する方法が考えられる。

5 (実施の形態 2)

第4図は本発明の実施の形態2によるリニアコンプレッサ駆動装置を説明するためのブロック図である。

この実施の形態2のリニアコンプレッサ駆動装置102は、実施の形態1のリニアコンプレッサ駆動装置101において、上記ピストン速度算出手段8により

- 10 求められたピストン速度の波高値 v_0 、及び上記インバータ制御器6により決定されるインバータ駆動周波数 F_d に基づいて、ピストン往復運動のストロークを算出し、該ピストンストロークを示すピストンストローク情報 I_{pst} を出力するピストンストローク算出手段41を備えたものである。この実施の形態2のインバータ制御器6は、上記共振周波数情報 I_{rf} に基づいてインバータ2をスイッチングするPWM信号 S_{cp} のパルス幅を調整し、該パルス幅の調整されたPWM信号 S_{cp} をインバータ駆動制御信号として出力するとともに、該PWM信号 S_{cp} のパルス幅により決まる上記インバータ2の出力電圧及び出力電圧の周波数を上記インバータ駆動周波数 F_d として示す情報（インバータ駆動周波数情報） I_{df} を、上記ピストンストローク算出手段41に出力するものである。なお、上記インバータ駆動周波数 F_d は理想的には共振周波数情報 F_r と一致したものとなる。またここでは、上記ピストンストローク算出手段41はソフトウェアにより構成したものである。但し、このピストンストローク算出手段41は、ハードウェアにより構成したものであってもよい。
- 15 次に動作について説明する。
- 20 この実施の形態2のリニアコンプレッサ駆動装置102における、上記インバータ制御器6及びピストンストローク算出手段41以外の部分の動作は、上記実施の形態1のリニアコンプレッサ駆動装置101におけるものと同一であるため、以下では、主に上記インバータ制御器6及びピストンストローク算出手段41の動作について説明する。
- 25

リニアコンプレッサ 100 内で往復運動するピストン 72 の位置は、ピストン 72 が圧縮される冷媒ガスの圧力を受けることから、時間を変数とする正弦波関数により表される。従って、ピストン往復運動の角速度を ω [rad/sec]、ピストンの変位の最大振幅を x_m [m]、ピストン振幅中心位置 P_{av} (第 9 図参照) を基準としたピストン変位量 (時間 t にてピストンが位置する地点とピストン振動中心位置との距離) を $x(t)$ [m] とすると、ピストン変位量 $x(t)$ は、時間 t [sec] を変数として、下記の (7) 式により表される。

$$x(t) = x_m \times \sin \omega \cdot t \quad \dots (7)$$

10

また、ピストン速度も、時間を変数とする正弦波関数により表される。従って、前記ピストン変位量と同様に、ピストン往復運動の角速度を ω [rad/sec]、ピストン速度の最大振幅を v_m [m/s]、ピストン瞬時速度 (時間 t におけるピストンの速度) を $v(t)$ [m/s] とすると、ピストン瞬時速度 $v(t)$ は、時間 t [sec] を変数とする正弦波関数により、下記の (8) 式により表される。

$$v(t) = v_m \times \sin \omega \cdot t \quad \dots (8)$$

また、ピストン変位量 $x(t)$ は、ピストン速度 $v(t)$ の積分値であることから、時間 t を変数としてピストン変位量を表す関数式として、上記 (8) 式より下記の (9) 式が導かれる。

$$\begin{aligned} x(t) &= \int v(t) dt \\ &= \frac{v_m}{\omega} \times (-\cos \omega \cdot t) \end{aligned} \quad \dots (9)$$

そして、(7) 式と (9) 式とからピストン変位量 $x(t)$ を消去すると、ピストン変位量の最大振幅 x_m は、ピストン速度の最大振幅 v_m により、 $x_m = -v_m / \omega$ と表せる。

従って、ピストン変位量の最大振幅 x_m [m] は、ピストン速度の最大振幅 v_m [m/s] を、動作角速度 ω [rad/sec] により除算することによって求

めることができる。

つまり、インバータ制御器 6 では、上記共振周波数情報 I_{rf} に基づいてインバータ 2 をスイッチングする PWM 信号 S_{cp} のパルス幅が調整され、該パルス幅の調整された PWM 信号 S_{cp} がインバータ駆動制御信号としてインバータ 2 に出

- 5 力されるとともに、該 PWM 信号 S_{cp} のパルス幅により決まる上記インバータ 2 の出力電圧及び出力電圧の周波数を上記インバータ駆動周波数 F_d として示す情報（インバータ駆動周波数情報） I_{df} が、上記ピストンストローク算出手段 4.1 に出力される。

すると、ピストンストローク算出手段 4.1 では、ピストン速度算出手段 8 から

- 10 のピストン速度情報 I_{pve} 及びインバータ制御器 6 から出力されるインバータ駆動周波数情報 I_{df} を受け、ピストン速度情報 I_{pve} が示すピストン速度の最大振幅 v_m [m/s] を、ピストン往復運動の角速度 ω [rad/sec] により除算する演算処理が行われる。これによりピストン変位量の最大振幅 x_m [m] が算出される。なお、ここで、ピストン往復運動の角速度 ω [rad/sec] は、上記インバータ駆動

- 15 周波数情報 I_{df} が示すインバータ 2 の出力電圧及び出力電圧の周波数 F_d [Hz] に 2π を乗することにより得られる。

そして、該算出手段 4.1 からは、上記演算処理により得られたピストン変位量の最大振幅 x_m [m] を示す情報として、ピストン往復運動におけるピストンストローク（該振幅最大値 x_m の 2 倍）を示すピストンストローク情報 I_{pst} が出力さ

- 20 れる。

このように本実施の形態 2 のリニアコンプレッサ駆動装置 10.2 では、実施の形態 1 のリニアコンプレッサ駆動装置 10.1 において、上記ピストン速度算出手段 8 により求められたピストン速度の波高値 v_m 及びリニアコンプレッサの共振周波数 F_r から決定されるインバータ駆動周波数 F_d に基づいて、ピストンスト

- 25 ロークを算出するピストンストローク算出手段 4.1 を備えたので、このピストンストロークに基づいて、リニアコンプレッサにおけるピストンとシリンドヘッドとの衝突の危険度を判定することができる。

なお、上記実施の形態 2 では、リニアコンプレッサ駆動装置 10.2 として、実施の形態 1 のリニアコンプレッサ駆動装置 10.1 において、ピストンストローク

を算出する手段 4.1 を備えたものを示したが、リニアコンプレッサ駆動装置は、実施の形態 2 のリニアコンプレッサ駆動装置 1.0.2 において、さらにピストンの下死点位置 P_{bd} (第 9 図参照) を示す情報として、シリンダヘッド位置 P_{sh} からピストン下死点位置 P_{bd} までの距離 (つまり第 9 図に示す第 3 の座標系 X'' での変位量 $x_{bd''}$) の情報を output する下死点位置情報出力手段と、上記ピストンストローク情報及び上記下死点位置情報に基づいて四則演算を行う演算手段とを備えたものであってもよい。

この場合、上記演算手段により、上記ピストンストローク情報が示すストローク値の半分の値 ($L_{ps}/2$) を、上記下死点位置情報が示す値 $x_{bd''}$ (第 9 図参

- 10 照) から減算することにより、ピストン振幅中心位置 P_{av} を示す第 3 の座標系 X'' におけるピストン変位量 $x_{av''}$ (第 9 図参照) を算出することができる。さらに、この場合、リニアコンプレッサを、ピストン振動中心位置が、リニアモータの最大効率を達成することができる位置に一致するよう制御することにより、リニアコンプレッサ駆動効率のさらなる向上を図ることができる。
- 15 また、上記演算手段により、上記下死点位置情報が示す値 $x_{bd''}$ (第 9 図参照) から、ピストンストローク情報が示すピストンストローク値 (L_{ps}) そのものを減ずることにより、ピストン上死点位置 P_{td} を示す第 3 の座標系 X'' におけるピストン変位量 $x_{td''}$ (第 9 図参照) を算出することができる。この変位量 $x_{td''}$ は、シリンダヘッドからピストン上死点位置までの距離であるため、該変位量からピストンとシリンダヘッドの衝突の可能性を判定することができ、ピストンとシリンダヘッドとの衝突を回避するのに役立てることができる。
- 20

ここで、上記下死点位置情報出力手段の具体的構成としては、例えば、ピストンに設定されている規定の測定点が最もシリンダヘッドから遠ざかったときの位置をピストン下死点位置として測定し、該測定値を、シリンダヘッド位置 P_{sh} からピストン下死点位置 P_{bd} までの距離を示す情報として出力する下死点位置センサを用いてもよい。また、この下死点位置センサは、ピストン下死点位置のみ検知可能な測定レンジ幅の狭い短いレンジの位置センサや、ピストンの測定点が所定位置を超えてシリンダヘッドから遠ざかったかどうかを検知するような簡易的な位置センサでもよい。

さらに、上記下死点位置情報出力手段は、上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大振幅とに基づいて、シリンダヘッド位置 P_{sh} を基準として上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す

- 5 下死点位置情報を出力するものであってもよい。

またさらに、上記下死点位置情報出力手段は、上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大振幅と、上記リニアコンプレッサにおける、上記ピストン往復運動を行う可動部の重量と、上記弾性部材のバネ定数とから、上記下死点位置情報として、上記ピストンの中立位置を基準として上記ピストン下死点位置を示す位置情報を算出するものであってもよい。この場合

- 10 の下死点位置情報出力手段の具体的構成については、以下の実施の形態3における下死点位置算出手段51（第5図参照）として説明する。

また、上記リニアコンプレッサ駆動装置は、実施の形態2のリニアコンプレッサ駆動装置102において、さらにピストンの上死点位置 P_{td} （第9図参照）を示す情報として、シリンダヘッド位置 P_{sh} からピストン上死点位置 P_{td} までの距離（第9図に示す第3の座標系X”での変位量 x_{td}'' ）の情報を出力する上死点位置情報出力手段と、上記ピストンストローク情報及び上記上死点位置情報に基づいて四則演算を行う演算手段とを備えたものであってもよい。

- 20 この場合、上記演算手段により、上記ピストンストローク情報が示すストローク値の半分の値 ($L_{ps}/2$) を、上死点位置情報が示す値 x_{td}'' （第9図参照）に加算することにより、ピストン振動中心位置 P_{av} を示す第3の座標系X”における変位量 x_{av}'' （第9図参照）を算出することができる。

また、上記演算手段により、上記上死点位置情報が示す値 x_{td}'' （第9図参照）に、上記ピストンストローク情報が示すピストンストローク値 (L_{ps}) を加えることにより、ピストン下死点位置 P_{bd} を示す第3の座標系X”における変位量 x_{pd}'' （第9図参照）を算出することができる。この変位量 x_{pd}'' は、シリンダヘッド位置 P_{sh} からピストン下死点位置 P_{bd} までの距離であるため、該変位量 x_{pd}'' は、該共振バネが破壊限界以上に変形されないようにするリニアコンプレッ

サの駆動制御に役立てることができる。

ここで、上記上死点位置情報出力手段の具体的構成としては、例えば、ピストンに設定されている規定の測定点が最もシリンダヘッドに近づいたときの位置をピストン上死点位置として測定し、該測定値を、シリンダヘッド位置 P_{sh} からピ

- 5 ストン上死点位置 P_{td} までの距離を示す情報として出力する上死点位置センサを用いててもよい。また、この上死点位置センサは、ピストン上死点位置のみ検知可能な測定レンジ幅の狭い短いレンジの位置センサや、ピストンの測定点が所定位置を超えてシリンダヘッドに近づいたかどうかを検知するような簡易的な位置センサでもよい。

- 10 さらに、上記リニアコンプレッサ駆動装置は、実施の形態2のリニアコンプレッサ駆動装置102において、ピストン振幅中心位置 P_{av} (第9図参照) を示す情報として、シリンダヘッド位置 P_{sh} からピストン振幅中心位置 P_{av} までの距離 (第9図に示す第3の座標系 X'' での変位量 x_{av}) を出力する振幅中心位置情報算出手段と、上記ピストンストローク情報及び上記振幅中心位置情報に基づいて四則演算を行う演算手段とを備えたものであってもよい。

この場合、上記演算手段により、上記ピストンストローク情報が示すストローク値の半分の値 ($L_{ps}/2$) を、上記振幅中心位置情報が示す値 x_{av}'' (第9図参照) に加えることにより、ピストン下死点位置 P_{bd} を示す第3の座標系 X'' における変位量 x_{pd}'' (第9図参照) を算出することができる。

- 15 また、逆に、上記演算手段により、振幅中心位置情報が示す値 x_{av}'' (第9図参照) から上記ピストンストローク情報が示すストローク値の半分の値 ($L_{ps}/2$) を減算することにより、ピストン上死点位置 P_{td} を示す第3の座標系 X'' における変位量 x_{td}'' (第9図参照) を算出することができる。

- 20 なお、上記振幅中心位置を示す情報 (シリンダヘッド位置 P_{sh} からピストン振幅中心位置 P_{av} までの距離) を算出する手法としては、リニアコンプレッサの吐出圧力と吸入圧力の圧力差と、ピストンのボア断面積とから、ピストンにかかるガス圧による力を計算し、ピストン振幅中心位置を計算する方法もある。

また、上記圧力差を用いる振幅中心位置情報の算出手法では、この圧力差だけでなく、リニアコンプレッサの運転周波数 ω を加味して、ピストンにかかるガス

圧による力を計算することにより、ピストン振幅中心位置情報としての距離情報をさらに精度良く計算することができる。

また、上記実施の形態2では、ピストン速度算出手段での演算処理に使用するリニアモータの推力定数は、あらかじめ測定した既定値としているが、上記推力

5 定数は、ピストン振幅中心位置に応じて補正処理を施したものであってもよい。

つまり、実際にはリニアモータの巻線とマグネットとの間の磁束密度は、リニアモータの巻線とマグネットとの位置関係によって増減する。これは、リニアモータに印加される電流によって生じる磁界がマグネットの磁界を増減するからである。

10 そこで、上記振幅中心位置情報算出手段は、繰り返し行われる個々の振幅中心位置情報の算出処理では、上記推力定数の値を、該前回の算出処理により算出された振幅中心位置情報に基づいて補正し、補正した推力定数に基づいて、上記振幅中心位置情報を算出するものであってもよい。

また、上記ピストンストローク算出手段8を、上記ピストン速度の最大振幅に基づいて上記ピストンストローク情報を算出する算出処理を繰り返し行い、該繰り返される個々の算出処理では、上記リニアモータの、該ピストン位置の変化によりその値が変動する推力定数の値を、該前回の算出処理により算出されたピストンストローク情報に基づいて補正し、補正した推力定数に基づいて、上記ピストンストローク情報を算出するものとしてもよい。この場合、ピストンストロークとしてより正確な値を算出することができる。

(実施の形態3)

第5図は本発明の実施の形態3によるリニアコンプレッサ駆動装置を説明するためのブロック図である。また、第10図は、ピストン位置をピストン中立位置を基準として示す座標系Y"を、ピストン位置をシリンドラヘッド位置P_{sh}を基準25として示す座標系X"（第9図の第3の座標系）と対比させて示している。

この実施の形態3のリニアコンプレッサ駆動装置103は、上記実施の形態1のリニアコンプレッサ駆動装置101において、上記ピストン速度算出手段8により求められたピストン速度の波高値v_m、及び上記インバータ制御器6により決定されるインバータ駆動周波数F_dに基づいて、ピストン中立位置P_{av}とピスト

ン下死点位置 P_{bd} との間の距離情報として、ピストン中立位置 P_{av} を基準とするピストン下死点位置 P_{bd} の変位量 y_{bd} ”（第10図参照）を算出し、この距離情報をピストン下死点位置情報 I_{bdc} として出力する下死点位置算出手段51を備えたものである。ここで、上記ピストン中立位置 P_{av} は、支持バネが変形していないときのピストン72の、ピストン軸線上での位置である。また、この実施の形態3のインバータ制御器6は、上記共振周波数情報 I_{rf} に基づいてインバータ2をスイッチングするPWM信号 S_{cp} のパルス幅を調整し、該パルス幅の調整されたPWM信号 S_{cp} をインバータ駆動制御信号としてインバータ2に出力するとともに、該PWM信号 S_{cp} のパルス幅により決まる上記インバータ2の出力電圧及び出力電圧の周波数を上記インバータ駆動周波数 F_d として示す情報（インバータ駆動周波数情報） I_{df} を、上記下死点位置算出手段51に山力するものである。

なお、上記インバータ駆動周波数 F_d は理想的には共振周波数情報 F_r と一致したものとなる。またここでは、上記下死点位置算出手段51はソフトウェアにより構成したものである。但し、この下死点位置算出手段51は、ハードウェアにより構成したものであってもよい。

次に動作について説明する。

この実施の形態3のリニアコンプレッサ駆動装置103における、上記インバータ制御器6及び下死点位置算出手段51以外の部分の動作は、実施の形態1のリニアコンプレッサ駆動装置101におけるものと同一であるため、以下では、主に上記インバータ制御器6及び下死点位置算出手段51の動作について説明する。

上記リニアコンプレッサ103のリニアモータによるピストンの往復運動についての運動方程式として、下記の(10)式が成立する。

25

$$m \times a + k \times y'' = \alpha \times I - \beta (P(t) - P_s) \quad \dots (10)$$

(10)式において、 m は往復運動している可動部材の全質量 [kg] であり、 a は該往復運動している可動部材の瞬時加速度 [m/s/s] である。また、 k はリニ

- アコンプレッサに組み込まれている支持バネのバネ定数 [N/m] 、 y'' はバネが変形していない状態での可動部材の位置（ピストン中立位置） P_{ini} に対する可動部材の変位量 [m] 、 α はリニアモータの推力定数 [N/A] 、 I はリニアモータに印加する駆動電流の測定値 [A] 、 β はピストンボアの断面積 [$m \cdot m$] 、
 5 $P(t)$ は圧縮室内部の圧力 [Pa] 、 P_s はピストン背面側のガス圧力（吸込圧） [Pa] である。

リニアコンプレッサ 103 がピストン往復運動の共振状態で駆動されているときには、ピストンが下死点位置にきたとき、圧縮室内部の圧力は吸込圧に等しくなるので、この時点では、ピストン運動を表す運動方程式（(10)式）における右辺第2項はゼロとなる。
 10

また、第3図に示すように、下死点位置、つまりピストン変位量が最大となるとき、加速度も最大となり、リニアモータの駆動電流 I_d はゼロとなる。

従って、(10)式の左辺第1項の加速度 a は加速度最大値 ($a = a_m$) 、その左辺第2項の変数 y'' は下死点位置の変位量 ($y'' = y_{bd''}$) 、その右辺第1項及び右辺第2項はゼロ ($I = 0$) となり、(10)式に代わって、(11)式が成立する。
 15

$$m \times a_m + k \times y_{bd''} = 0 \quad \cdots (11)$$

(11)式において、 a_m はピストン加速度の最大値 [m/s/s] 、 $y_{bd''}$ はピストン中立位置 P_{ini} を基準として表される下死点位置の変位量 [m] である。
 20

従って、ピストン加速度の最大値 a_m [m/s/s] が求まれば、(11)式により、下死点位置を示す変位量 $y_{bd''}$ （第10図参照） [m] は求めることができる。

次に、ピストン加速度の最大値 a_m [m/s/s] の求め方について説明する。

ピストン加速度 a は、上記実施の形態 2 で説明したピストン変位量 $x(t)$ 及びピストン速度 $v(t)$ と同様、時間 t を変数とする正弦波関数により表される。
 25

具体的には、ピストン運動の角速度を ω [rad/sec] 、ピストン加速度の振幅最大値を a_m [m/s/s] 、ピストン加速度の瞬時値を $a(t)$ [m/s/s] とすると、加速度は速度の微分値であることから、ピストン加速度は時間 t [sec] を変数として

(12) 式により表される。

$$\begin{aligned} a(t) &= a_m \times \cos \omega \cdot t \\ &= (v(t))' \\ &= \omega \times v_m \times \cos \omega \cdot t \end{aligned} \quad \cdots (12)$$

5

(12) 式から、 $a_m = v_m \times \omega$ という関係が成り立つことは明らかであるので、ピストン加速度の最大値 a_m [m/s/s] はピストン速度の振幅最大値 v_m [m/s] とピストン運動の角速度 ω [rad/sec] の積によって求められる。

- 本実施の形態 3 のインバータ制御器 6 では、上記共振周波数情報 I_{rf} に基づいてインバータ 2 をスイッチングする PWM 信号 S_{cp} のパルス幅が調整され、該パルス幅の調整された PWM 信号 S_{cp} がインバータ駆動制御信号としてインバータ 2 に出力されるとともに、該 PWM 信号 S_{cp} のパルス幅により決まる上記インバータ 2 の出力電圧及び出力電圧の周波数を上記インバータ駆動周波数 F_d として示す情報（インバータ駆動周波数情報） I_{df} が、上記下死点位置算出手段 5 1 に出力される。

- すると、本実施の形態 3 のリニアコンプレッサ駆動装置 103 における下死点位置算出手段 5 1 では、ピストン速度算出手段 8 から出力されるピストン速度情報 I_{pve} 及びインバータ制御器 6 から出力されるインバータ駆動周波数情報 I_{df} を受け、ピストン速度情報 I_{pve} が示すピストン速度の最大振幅 v_m [m/s] と、動作角速度 ω [rad/sec]（インバータ駆動周波数情報 I_{df} が示すインバータ駆動周波数 F_d [Hz] に 2π を乗じて得られる値）との乗算処理が行われ、該乗算処理により加速度の最大振幅 a_m [m/s/s] が算出される。さらに、上記下死点位置算出手段 5 1 では、その加速度の最大振幅 a_m [m/s/s] と可動部材の全質量 m [kg] との乗算処理、及び該乗算処理により得られる値を、リニアコンプレッサ 100 の支持バネのバネ定数 k [N/m] によって除算する除算処理が行われ、該除算処理により下死点位置 P_{bd} を示す変位量 $y_{bd''}$ （第 10 図参照） [m] が求められる。そして、下死点位置算出手段 5 1 からは、該変位量 $y_{bd''}$ [m] を示す情報が下死点位置情報 I_{bdc} として出力される。

このように本実施の形態 3 のリニアコンプレッサ駆動装置 103 では、ピスト

ン速度算出手段 8 で得られたピストン速度の最大振幅 v_m [m/s] と、リニアコンプレッサの共振周波数 F_r から決定されるインバータ駆動周波数 F_d とに基づいて、ピストン下死点位置 P_{bd} を示すピストン変位量として、ピストン中立位置 P_{ini} とピストン下死点位置 P_{bd} との距離を示す値 $y_{bd''}$ [m] を算出する下死点

- 5 位置算出手段 5 1 を備えたので、ピストン下死点位置情報により共振パネのたわみ量を把握することができる。この共振パネのたわみ量は、該共振パネが破壊限界以上に変形されないようにするリニアコンプレッサの駆動制御に役立てることができるものである。

(実施の形態 4)

- 10 第 6 図は本発明の実施の形態 4 によるリニアコンプレッサ駆動装置を説明するためのプロック図である。

この実施の形態 4 のリニアコンプレッサ駆動装置 104 は、上記実施の形態 1 のリニアコンプレッサ 101 と同様、電源 1、インバータ 2、電流センサ 9、出力電流検出手段 3、共振周波数情報出力手段 5、インバータ制御器 6、及びタイ

- 15 ミング検知手段 7 を有するとともに、出力電流検出手段 3 の検知出力（駆動電流検知信号） D_{cd} に基づいて、ピストン往復運動の中心位置（ピストン振幅中心位置） P_{av} を示す情報として、上記ピストン中立位置 P_{ini} に対するピストン振幅中心位置 P_{av} （第 10 図参照）の変位量 $y_{av''}$ を算出する中心位置算出手段 6 1 と、上記中心位置算出手段 6 1 への上記駆動電流検知信号 D_{cd} の供給及び供給停止を、上記タイミング検知手段 7 から出力されるスイッチ制御信号 S_{cs} に基づいて制御する開閉スイッチ 1 1 とを有している。

ここで上記開閉スイッチ 1 1 は、上記出力電流検出手段 3 からの駆動電流検出信号 D_{cd} が入力される入力側接点 1 1 a と、上記駆動電流検出信号 D_{cd} を中心位置算出手段 6 1 へ出力するための出力側接点 1 1 b とを有し、上記タイミング検

- 25 知手段 7 からの検知出力であるスイッチ制御信号 S_{cs} に基づいて、上記入力側接点 1 1 a と出力側接点 1 1 b との間を導通状態あるいは非導通状態とするものである。

なお、この実施の形態 4 では、上記中心位置算出手段 6 1 はソフトウェアにより実現したものである。但し、この中心位置算出手段 6 1 は、ハードウェアによ

り構成したものであってもよい。

次に動作について説明する。

この実施の形態 4 では、上記実施の形態 1 と同様に、リニアコンプレッサ 100 では、インバータ 2 からの交流電圧 V_d の印加によりリニアモータが駆動して

- 5 ピストンの往復運動が行われる。また、上記リニアコンプレッサに印加される交流電流 V_d の周波数は、ピストン往復運動の共振周波数 F_r と一致しているため、リニアコンプレッサ 100 の運転は、ピストン往復運動の共振状態で行われる。

このとき、出力電流検出手段 3 では、電流センサ 9 からの電流モニタ出力 S_{cm} に基づいて、インバータ出力電流、つまりリニアコンプレッサ 100 の駆動電流

- 10 I_d が検出され、検出出力（駆動電流検出信号） D_{cd} が上記開閉スイッチ 11 の入力側接点 11a に出力される。

また、上記タイミング検知手段 7 では、上記電流センサ 9 からの電流モニタ出力 S_{cm} に基づいて、インバータ駆動電流 I_d の位相が、 90° 及び 270° の少なくとも一方の位相となる位相タイミングが検出され、この位相タイミングにて

- 15 上記開閉スイッチ 11 の入力側接点 11a と出力側接点 11b とを導通状態とするスイッチ制御信号 S_{cs} が該開閉スイッチ 11 に出力される。

上記開閉スイッチ 11 では、上記スイッチ制御信号 S_{cs} により、上記位相タイミングで、対応する入力側接点と出力側接点とが導通状態となり、上記駆動電流 I_d の、上記位相タイミングでの値（瞬時値） I_1 が上記中心位置算出手段 6 1

- 20 に出力される。

すると、中心位置算出手段 6 1 では、上記位相タイミングでの駆動電流の瞬時値 I_m に基づいて、下記の（13）式から、ピストン中立位置 P_{ini} を基準とするピストン振幅中心位置 P_{av} の変位量 $y_{av''}$ [m] が算出され、該変位量 $y_{av''}$ を示す情報が振幅中心位置情報 I_{av} として出力される。

- 25 つまり、上記実施の形態 3 で説明したように、リニアコンプレッサ 100 のリニアモータによるピストン往復運動については、運動方程式として上記（10）式が成立する。

このようなピストン往復運動における、リニアコンプレッサに入力する駆動電流の位相が、 90° 及び 270° の少なくとも一方の位相となる位相タイミング

では、ピストン加速度 a [m/s/s] はゼロ、ピストン中立位置 P_{ini} を基準とするピストン位置 P の変位量 y'' [m] は、ピストン中立位置 P_{ini} を基準とするピストン振幅中心位置 P_{av} の変位量 $y_{av''}$ と一致することとなり、また駆動電流 I [A] は最大値 I_m となる。

- 5 この実施の形態4では、リニアコンプレッサ100は、上記位相タイミングでリニアコンプレッサ100の吸入弁が開き、圧縮室内部の圧力 $P(t)$ [Pa] が吸入圧 P_s [Pa] と等しくなるよう設計されているため、上記(10)式に代えて次式(13)が成立することとなる。

10

$$k \times y_{av''} = \alpha \times I_m \quad \cdots (13)$$

- この式(13)より、ピストン振幅中心位置 P_{av} の変位量 $y_{av''}$ [m] は、リニアコンプレッサの入力電流の最大振幅 I_m [A] とリニアモータの推力定数 α [N/A] の積を、リニアコンプレッサの支持バネのバネ定数 k [N/m] によって除算する演算処理により求められる。

- 15 このように本実施の形態のリニアコンプレッサ駆動装置104では、実施の形態1のリニアコンプレッサ駆動装置101における出力電圧検出手段4及びピストン速度検出手段8に代えて、リニアコンプレッサの駆動電流 I_d の位相が 90° 及び 270° の少なくとも一方の位相となる位相タイミングにおける駆動電流の瞬時値 I_m [A] に基づいて、ピストン振幅中心位置を示す変位量 $y_{av''}$ を算出手段61を備えたので、ピストン中立位置 P_{ini} に対するピストン往復運動の中心位置 P_{av} の変位量 $y_{av''}$ を、乗算及び除算のみの簡単な演算処理により精度よく求めることができ、ピストン往復運動の中心位置 P_{av} の検出を簡単にかつ高精度で行うことができる。
- 20 25 なお、上記実施の形態4では、リニアコンプレッサ駆動装置104として、インバータ駆動電流 I_d の位相が、 90° 及び 270° の少なくとも一方の位相となる位相タイミングにて、インバータ駆動電流 I_d の瞬時値 I_m を検出し、この瞬時値 I_m に基づいてピストン振幅中心位置情報を算出するものを示したが、リニアコンプレッサ駆動装置104は、上記インバータ駆動電流 I_d の瞬時値 I_m

と、リニアコンプレッサが吐出する冷媒ガスの圧力及びリニアコンプレッサが吸入する冷媒ガスの圧力に基づいて、ピストン振幅中心位置情報を算出するものであってもよい。

- この場合、リニアコンプレッサ駆動装置は、実施の形態4のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記リニアコンプレッサが吐出する冷媒ガスの圧力を検知する吐出圧力検知手段と、上記リニアコンプレッサが吸入する冷媒ガスの圧力を検知する吸入圧力検知手段とを備え、上記中心位置情報算出手段を、上記吐出圧力と上記吸入圧力の圧力差に基づいて上記冷媒ガスから上記ピストンに作用する、上記ピストン往復運動の方向における作用力を算出し、該算出された作用力に基づいて、上記中心位置情報として、上記圧力差がゼロとなるピストン位置を基準として上記ピストン中心位置を示す位置情報を算出するものとなる。

- また、上記中心位置情報算出手段は、上記吐出圧力と上記吸入圧力の圧力差と、上記共振周波数情報出力手段5から出力される共振周波数情報が示す共振周波数に基づいて、冷媒ガスからピストンに作用する、上記ピストン往復運動方向における作用力を算出し、該算出された作用力から、上記中心位置情報として、上記圧力差がゼロとなるピストン位置を基準として上記ピストン中心位置を示す位置情報を算出するものとしてもよい。

産業上の利用可能性

- 以上のように本発明に係るリニアコンプレッサ駆動装置は、位置センサを用いずに、簡単な演算処理により、リニアコンプレッサのピストンのストロークとトップクリアランスを精度よく検知可能なものであり、負荷の変動によりピストンのストローク及びトップクリアランスが変化するリニアコンプレッサの駆動装置として極めて有用であり、冷凍圧縮機などで用いられる。

請求の範囲

1. ピストン及びピストンを往復運動させるリニアモータを有し、該ピストンの往復運動により圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサを、該リニアモータに
5 交流電圧を印加して駆動するリニアコンプレッサ駆動装置であって、
上記リニアモータに交流電圧及び交流電流を出力するインバータと、
上記ピストン往復運動の共振周波数を示す共振周波数情報を出力する共振周波
数情報出力手段と、
上記インバータの出力電圧を検出して電圧検出信号を出力する電圧検出手段と、
10 上記インバータの出力電流を検出して電流検出信号を出力する電流検出手段と、
上記共振周波数情報に基づいて、上記インバータを、その出力電圧及び出力電
流としてそれぞれ、周波数が上記ピストン往復運動の共振周波数と一致した正弦
波状電圧及び正弦波状電流を出力するよう制御するインバータ制御器と、
上記インバータの出力電流の微分値がゼロとなる位相タイミングを特定位相タ
15 イミングとして検知するタイミング検知手段と、
上記電圧検出信号及び上記電流検出信号を受け、上記特定位相タイミングにお
ける、上記インバータの出力電圧及び出力電流のそれぞれ瞬時値に基づいて、上
記ピストン往復運動におけるピストン速度の最大振幅を算出するピストン速度算
出手段とを備えたことを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。
2. 請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサの駆動装置において、
上記タイミング検知手段は、上記電流検出信号に基づいて、上記インバータの
出力電流の振幅が最大となる位相タイミングを、上記特定位相タイミングとして
検知するものであることを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。
3. 請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、
25 上記タイミング検知手段は、上記電流検出信号に基づいて、上記インバータの
出力交流電流の位相が、 90° 及び 270° の少なくとも一方の位相となる位相
タイミングを、上記特定位相タイミングとして検知することを特徴とするリニア
コンプレッサ駆動装置。
4. 請求の範囲第3項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

上記インバータに該インバータを駆動制御するインバータ駆動制御信号を出力するインバータ制御器を備え、

上記タイミング検知手段を、上記インバータ駆動制御信号の位相に基づいて、上記インバータの出力電流の微分値がゼロとなる位相タイミングを検知するもの

5 としたことを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

5. 請求の範囲第4項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

上記タイミング検知手段は、上記インバータの出力電流の位相に対する、上記インバータ駆動制御信号の位相の位相ずれ量を検出する位相ずれ量検出器を有し、該位相ずれ量がゼロとなるようその位相が補正されたインバータ駆動制御信号に基づいて、上記インバータの出力電流の微分値がゼロとなる位相タイミングを検

10 知するものであることを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

6. 請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

上記ピストン速度算出手段は、上記リニアモータの、温度変化によりその値が変動する推力定数に対して温度補正処理を施し、該温度補正処理を施した推力定数と、上記瞬時電流値、瞬時電圧値、及び該リニアモータの内部抵抗値とに基づいて、上記ピストン速度の最大振幅を算出するものであることを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

7. 請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

上記ピストン速度算出手段は、上記リニアモータの、温度変化によりその値が変動する内部抵抗値に対して温度補正処理を施し、該温度補正処理を施した内部抵抗値と、上記インバータの出力電圧及び出力電流のそれぞれの瞬時値と、上記リニアモータの推力定数とに基づいて、上記ピストン速度の最大振幅を算出するものであることを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

8. 請求の範囲第1項に記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

25 上記ピストン速度算出手段は、上記ピストン速度の最大振幅を算出する速度算出処理を繰り返し行い、該繰り返される各速度算出処理では、上記リニアモータの、該ピストン速度の変化によりその値が変動する推力定数の値を、前回の速度算出処理により算出されたピストン速度の最大振幅に基づいて補正し、補正した推力定数に基づいて、上記ピストン速度の最大振幅を算出するものであることを

特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

9. 請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大

- 5 振幅に基づいて、上記ピストン往復運動におけるピストン変位の最大振幅を示すピストンストローク情報を算出するストローク情報算出手段を備えたことを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

10. 請求の範囲第1項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電

- 10 流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大振幅に基づいて、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報を算出する下死点位置情報算出手段を備えたことを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

11. 請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

- 15 上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大振幅に基づいて、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報を算出する下死点位置情報算出手段と、

上記下死点位置情報及び上記ピストンストローク情報を基づいて四則演算を行

- 20 って、上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す中心位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

12. 請求の範囲第9項に記載のリニアコンプレッサの駆動装置において、

上記インバータ制御器により決定される上記インバータの出力電圧及び出力電

流の周波数と、上記ピストン速度算出手段により算出されたピストン速度の最大

- 25 振幅に基づいて、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報を算出する下死点位置情報算出手段と、

上記下死点位置情報及び上記ピストンストローク情報を基づいて四則演算を行

- って、上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を示す上死点位置情報を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

13. 請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、
上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を検出して、該位置を示す
上死点位置情報を出力する上死点位置情報検出センサと、

- 5 上記上死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行
って、上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す中心位置情報を算
出する演算手段とを備えたことを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

14. 請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を検出して、該位置を示す
上死点位置情報を出力する上死点位置情報検出センサと、

- 10 上記上死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行
って、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報
を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

15. 請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

- 上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を検出して、該位置を示す
15 下死点位置情報を出力する下死点位置情報検出センサと、

上記下死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行
って、上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す中心位置情報を算
出する演算手段とを備えたことを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

16. 請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

- 20 上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を検出して、該位置を示す
下死点位置情報を出力する下死点位置情報検出センサと、

上記下死点位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行
って、上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を示す上死点位置情報
を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

25 17. 請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

上記インバータの出力電流に基づいて上記ピストン往復運動におけるピストン
中心位置を示す中心位置情報を算出する中心位置情報算出手段と、

上記中心位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行つ
て、上記ピストン往復運動におけるピストン上死点位置を示す上死点位置情報を

算出する演算手段とを備えたことを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

18. 請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

上記インバータの出力電流に基づいて上記ピストン往復運動におけるピストン
中心位置を示す中心位置情報を算出する中心位置情報算出手段と、

- 5 上記中心位置情報及び上記ピストンストローク情報に基づいて四則演算を行つ
て、上記ピストン往復運動におけるピストン下死点位置を示す下死点位置情報を
算出する演算手段とを備えたことを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

19. 請求の範囲第10項ないし第12項のいずれかに記載のリニアコンプレ
ッサ駆動装置において、

- 10 上記リニアコンプレッサは、上記ピストンがその中立位置から変位したときに、
該ピストンがその中立位置に戻るよう該ピストンを付勢する弾性部材を有するも
のであり、

- 15 上記下死点位置情報算出手段は、上記インバータ制御器により決定される上記
インバータの出力電圧及び出力電流の周波数と、上記ピストン速度算出手段によ
り算出されたピストン速度の最大振幅と、上記リニアコンプレッサにおける、上
記ピストン往復運動を行う可動部の重量と、上記弾性部材のバネ定数とから、上
記下死点位置情報として、上記ピストンの中立位置を基準として上記ピストン下
死点位置を示す位置情報を算出するものであることを特徴とするリニアコンプレ
ッサ駆動装置。

- 20 20. 請求の範囲第9項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、

上記ピストンストローク算出手段は、上記ピストン速度の最大振幅に基づいて
上記ピストンストローク情報を算出する算出処理を繰り返し行い、該繰り返され
る個々の算出処理では、上記リニアモータの、該ピストン位置の変化によりその
値が変動する推力定数の値を、該前回の算出処理により算出されたピストンスト

- 25 ローク情報を基づいて補正し、補正した推力定数に基づいて、上記ピストンスト
ローク情報を算出するものであることを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

21. ピストン及びピストンを往復運動させるリニアモータを有し、該ピスト
トンの往復運動により圧縮ガスを発生するリニアコンプレッサを、該リニアモータ
に交流電圧を印加して駆動するリニアコンプレッサ駆動装置であつて、

上記リニアモータに交流電圧及び交流電流を出力するインバータと、
上記ピストン往復運動の共振周波数を示す共振周波数情報输出手段と、

上記インバータの出力電流を検出して電流検出信号を出力する電流検出手段と、

- 5 上記共振周波数情報に基づいて、上記インバータを、その出力電圧及び出力電流としてそれぞれ、周波数が上記ピストン往復運動の共振周波数と一致した正弦波状電圧及び正弦波状電流を出力するよう制御するインバータ制御器と、
上記インバータの出力電流の微分値がゼロとなる位相タイミングを特定位相タイミングとして検知するタイミング検知手段と、

- 10 上記特定位相タイミングにおける、上記インバータの出力電流の瞬時値に基づいて、上記リニアコンプレッサが吐出する冷媒ガスの圧力と上記リニアコンプレッサが吸入する冷媒ガスの圧力との圧力差がゼロとなるピストン位置を基準として、上記ピストン往復運動におけるピストン中心位置を示す位置情報を算出するピストン中心位置算出手段とを備えたことを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

- 15 22. 請求の範囲第21項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、
上記リニアコンプレッサは、上記ピストンがその中立位置から変位したときに、該ピストンがその中立位置に戻るよう該ピストンを付勢する弾性部材を有するものであり、

- 20 上記中心位置情報算出手段は、上記インバータの出力電流の最大振幅値と、上記リニアモータの推力定数と、上記弾性部材のバネ定数とから、上記中心位置情報として、上記ピストンの中立位置を基準として上記ピストン中心位置を示す位置情報を算出することを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

23. 請求の範囲第21項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、
25. 上記リニアコンプレッサが吐出する冷媒ガスの圧力を検知する吐出圧力検知手段と、

上記リニアコンプレッサが吸入する冷媒ガスの圧力を検知する吸入圧力検知手段とを備え、

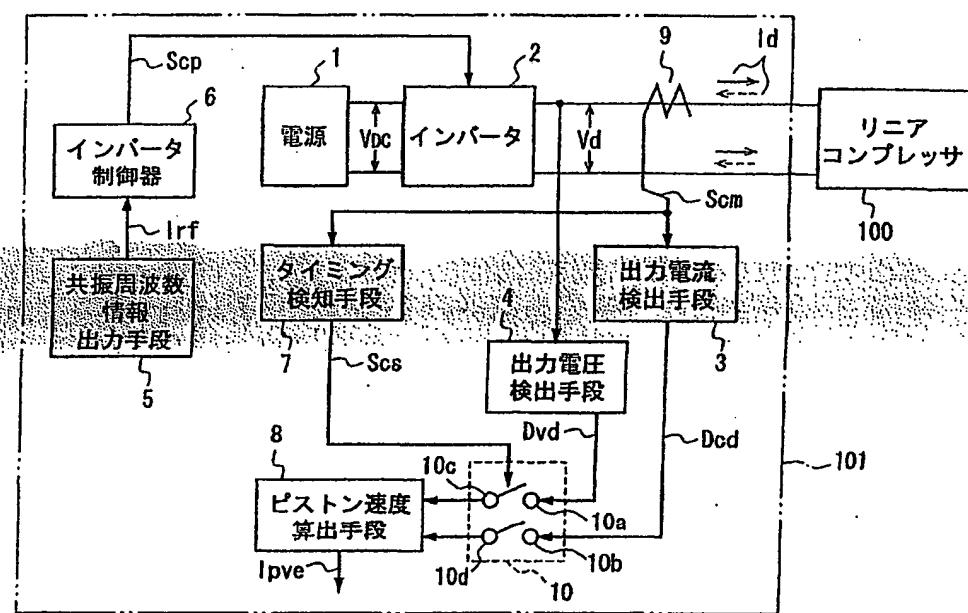
上記中心位置情報算出手段は、上記吐出圧力と上記吸入圧力の圧力差に基づい

て上記冷媒ガスから上記ピストンに作用する、上記ピストン往復運動の方向における作用力を算出し、該算出された作用力に基づいて、上記中心位置情報として、上記圧力差がゼロとなるピストン位置を基準として上記ピストン中心位置を示す位置情報を算出するものであることを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

- 5 24. 請求の範囲第23項記載のリニアコンプレッサ駆動装置において、上記中心位置情報算出手段は、上記吐出圧力と上記吸入圧力の圧力差と、上記共振周波数情報が示す共振周波数とに基づいて、冷媒ガスからピストンに作用する、上記ピストン往復運動方向における作用力を算出し、該算出された作用力から、上記中心位置情報として、上記圧力差がゼロとなるピストン位置を基準とし
- 10 て上記ピストン中心位置を示す位置情報を算出するものであることを特徴とするリニアコンプレッサ駆動装置。

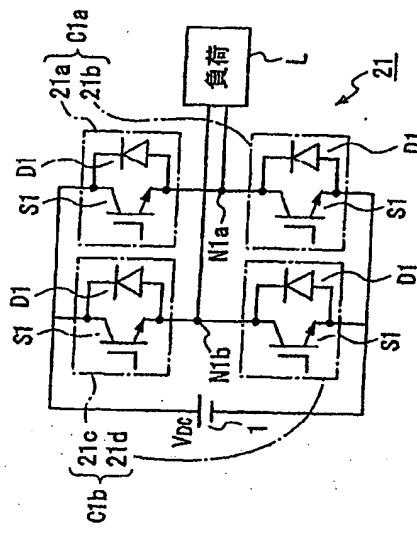
1/9

第1図

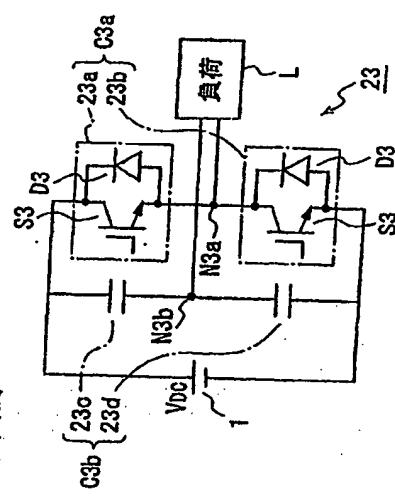


2/9

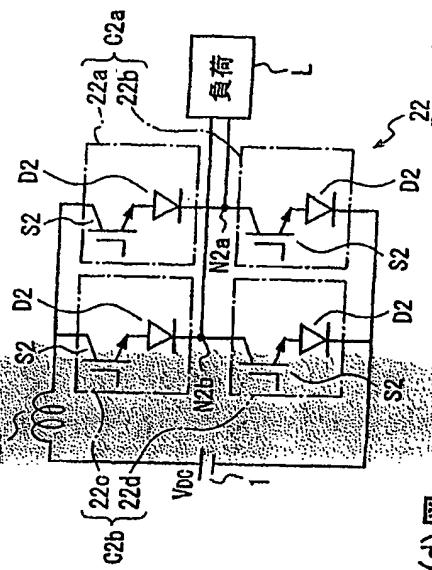
第2(a)図



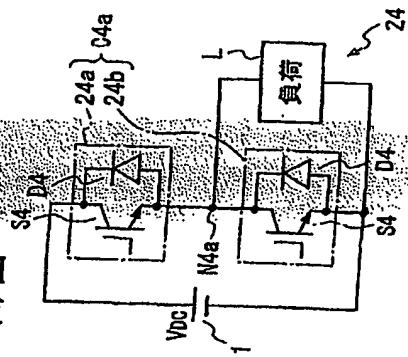
第2(c)図



第2(b)図

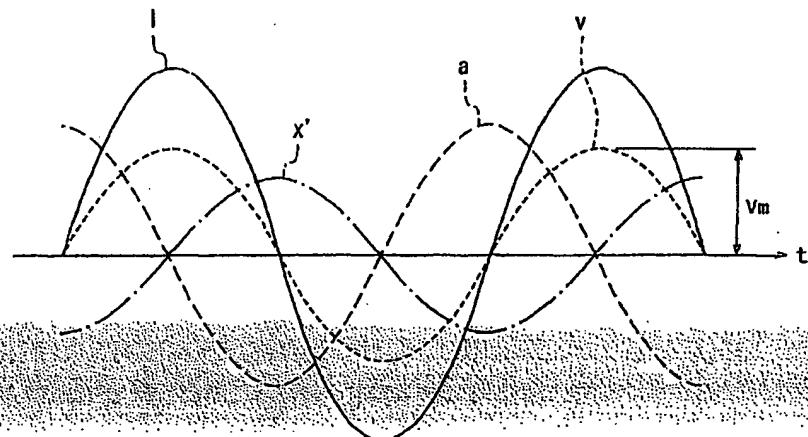


第2(d)図

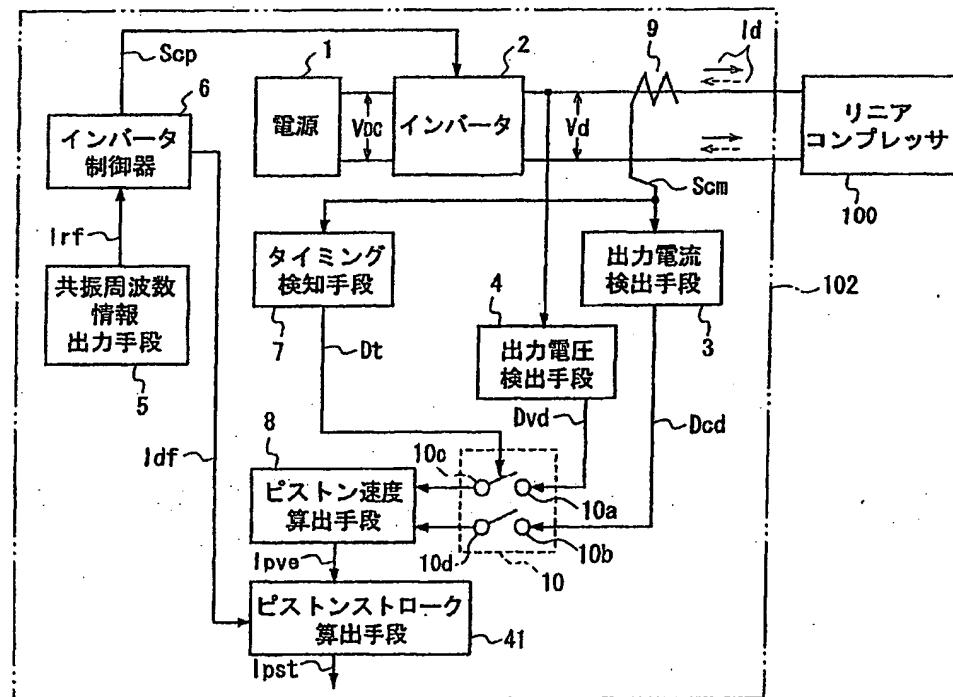


3/9

第3図

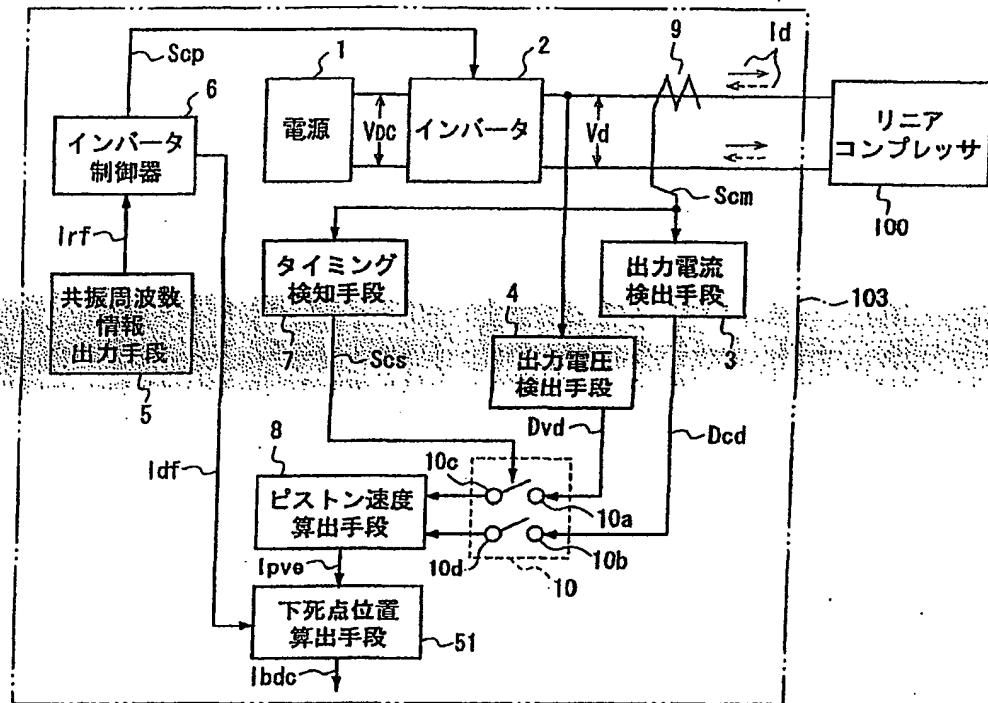


第4図



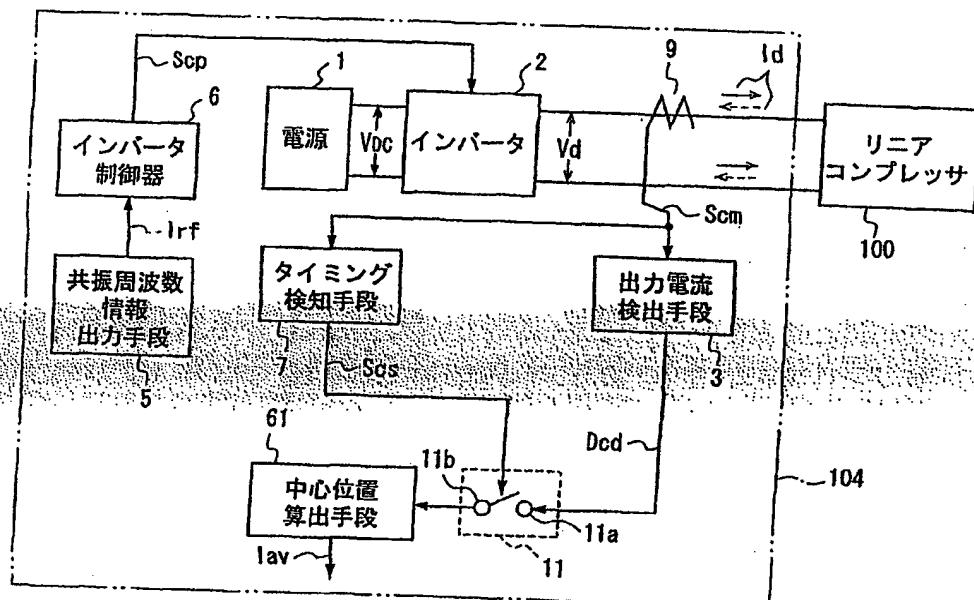
4/9

第5図

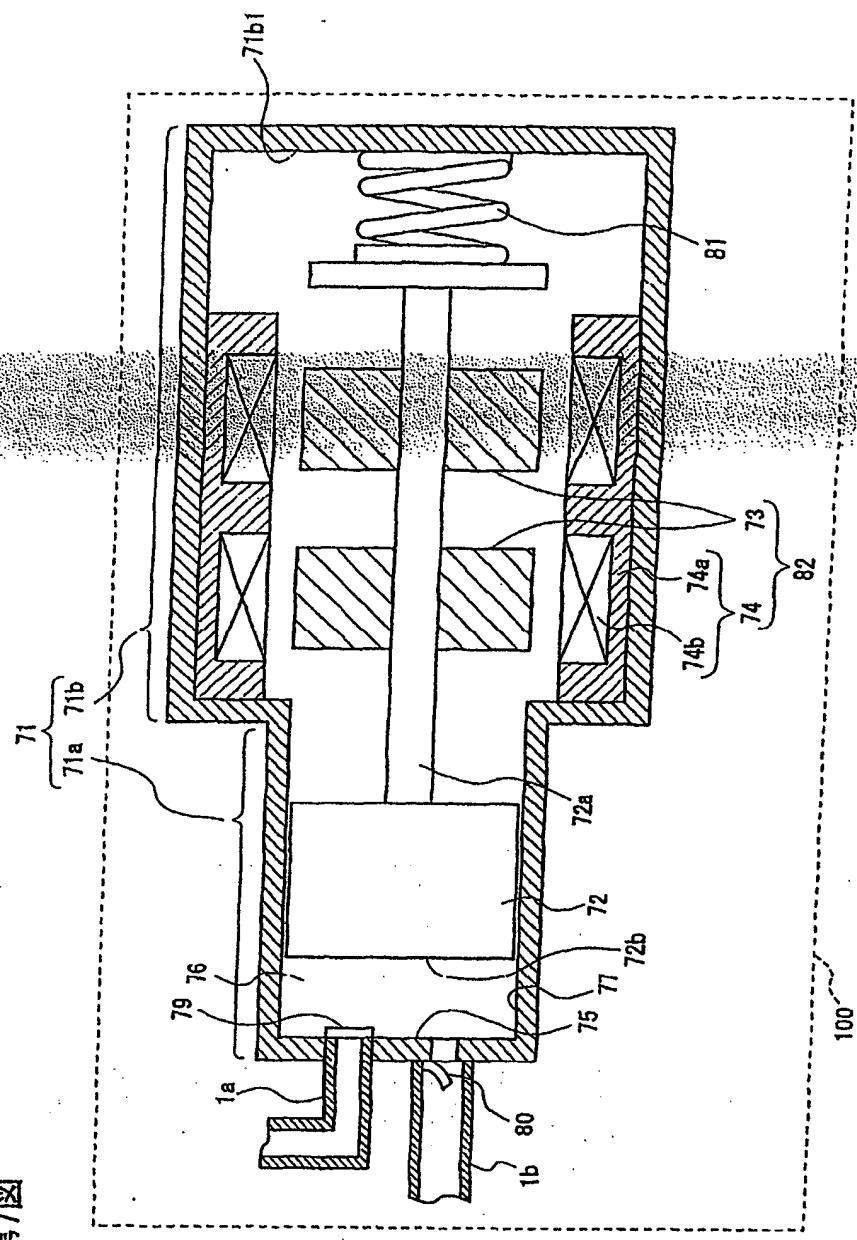


5/9

第6図



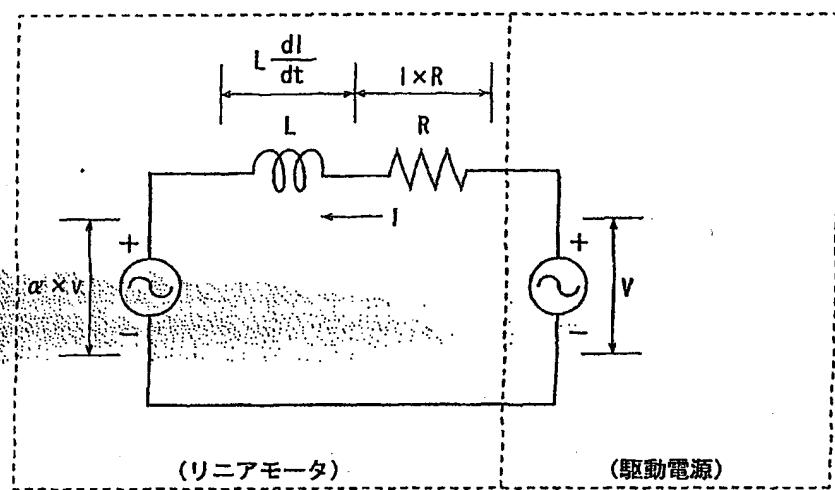
6/9



第7図

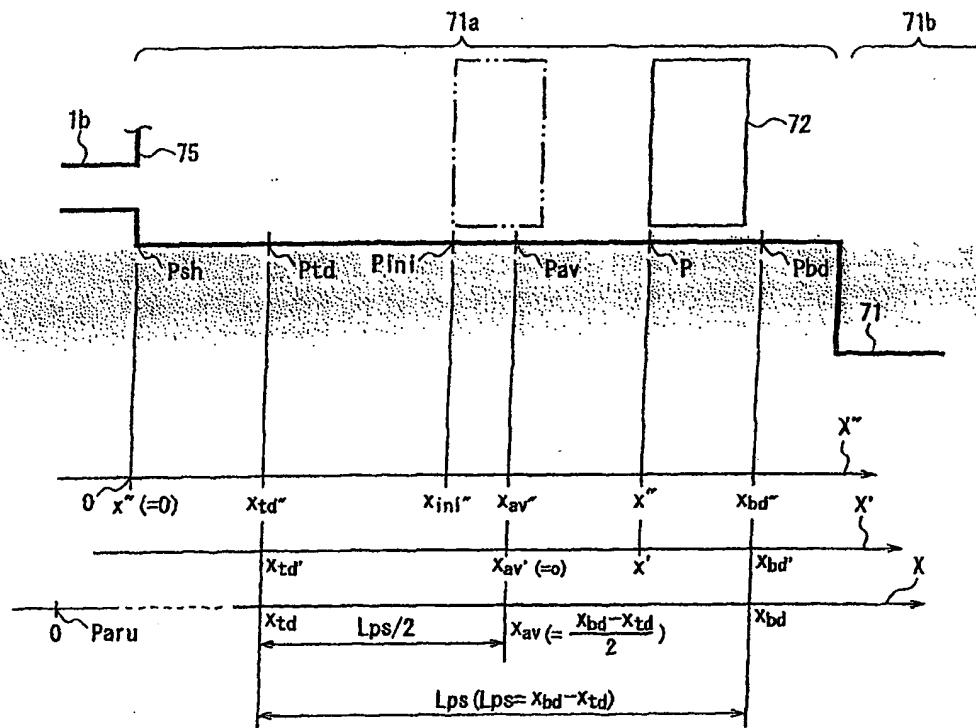
7/9

第8図



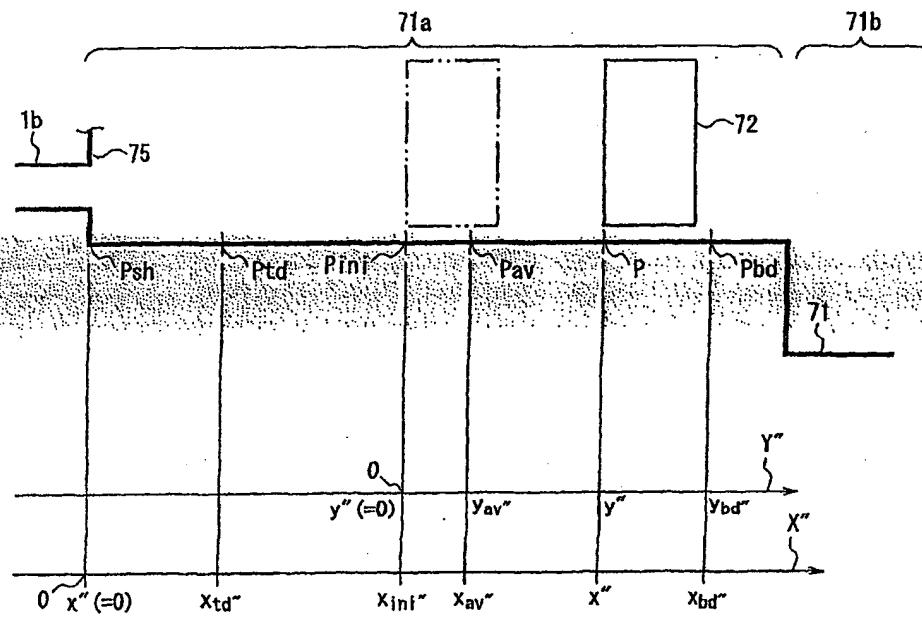
8/9

第9図



9/9

第10図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/04836

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H02P5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H02P5/00, F04B17/04Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | US 4698576 A1 (North American Philips Corp.), 06 October, 1987 (06.10.87), Column 4, lines 22 to 53 & JP 63-3674 A Page 4, lower left column, line 16 to page 5, upper left column, line 5 & DE 3786373 A & EP 250047 A2 & US 4772838 A1 & DE 3786373 T | 1-24 |
| A | JP 9-112438 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 02 May, 1997 (02.05.97), Page 4, right column, line 36 to page 5, left column, line 25 (Family: none) | 1-24 |

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

- * Special categories of cited documents:
- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

| | |
|---|---|
| Date of the actual completion of the international search 19 August, 2002 (19.08.02) | Date of mailing of the international search report 03 September, 2002 (03.09.02) |
| Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office | Authorized officer |
| Faxsimile No. | Telephone No. |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/04836

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | JP 9-126147 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 13 May, 1997 (13.05.97), Page 4, right column, line 14 to left column, line 28 (Family: none) | 1-24 |

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1998)

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP02/04836

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))
Int. Cl' H02P5/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))
Int. Cl' H02P5/00
F04B17/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2002年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2002年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2002年 |

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリーエ | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| A | US 4698576 A1 (North American Philips Corporation), 1987.10.06, 第4欄第22-53行 & JP 63-3674 A, 第4頁左下欄第16行-第5頁左上 欄第5行&DE 3786373 A &EP 250047 A2&US 4772838 A1 &DE 3786373 T JP 9-112438 A (三洋電機株式会社), 1997.05.02, 第4頁右欄第36行-第5頁左欄第25行 (ファミリーなし) | 1-24 |
| A | | 1-24 |

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリ

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に重及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当事者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

| | |
|---|--|
| 国際調査を完了した日 19.08.02 | 国際調査報告の発送日 03.09.02 |
| 国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (I.S.A./J.P.) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 特許庁審査官(権限のある職員) 牧 初 電話番号 03-3581-1101 内線 3358  |

様式PCT/I.SA/210(第2ページ)(1998年7月)

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO2/04836

| C(続き) 引用文献の カテゴリー* | 関連すると認められる文献 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|--------------------------|--|------------------|
| A | J P - 9 - 1 2 6 1 4 7 A (三洋電機株式会社), 1997. 05. 13, 第4頁右欄第14行-左欄第28行 (ファミリーなし) | 1-24 |

様式PCT/ISA/210(第2ページの続き) (1998年7月)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

BLACK BORDERS

IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

FADED TEXT OR DRAWING

BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

SKEWED/SLANTED IMAGES

COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

GRAY SCALE DOCUMENTS

LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.